

AN: PAT 1987-008155
TI: Multistage steam turbine assembly has bars transmitting thrust between inner low-pressure housing and thrust bearing
PN: **DE3522916-A**
PD: 08.01.1987
AB: The turbine has a low-pressure stage with outer housing (nd) and coaxial inner one (2), with a coaxial high- or intermediate-pressure stage upstream, the stage shafts being rigidly coupled together. Shafts and stage housings are supported in enclosing mountings. The shaft bearings between the housings and accommodated in mountings on the foundation between them. Upstream of the low-pressure stage is a thrust bearing forming a datum plane from which axial expansion of the shaft takes place. The inner housing expands radially and axially with heat independently of the outer housing, while thrust bars (14) passing through the outer housing end wall (15) via seals (16) allowing limited sideways movement are coupled to the axially-movable end of an adjacent stage or bearing housing. A bearing preceding the low-pressure stage defines a second transverse datum plane from which axial expansion emanates. Thus shaft and housing expand in the same direction and for the same length, keeping blade axial clearance to minimum.;
PA: (KRUN) KRAFTWERK UNION AG; (SIEI) SIEMENS AG;
IN: REMBERG A;
FA: **DE3522916-A** 08.01.1987; DE3662424-G 20.04.1989;
EP213297-A 11.03.1987; EP213297-B 15.03.1989;
ES2000180-A 01.01.1988; US4744726-A 17.05.1988;
CO: CH; DE; EP; ES; FR; GB; LI; NL; US;
DR: CH; DE; FR; GB; LI; NL;
IC: F01D-025/28; F02C-007/06;
DC: Q51; Q52;
PR: **DE3522916** 27.06.1985;
FP: 08.01.1987
UP: 20.04.1989

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Off nl ungsschrift
11 DE 3522916 A1

51 Int. Cl. 4:
F01 D 25/28
F 01 D 25/26
F 02 C 7/06

21 Aktenzeichen: P 35 22 916.0
22 Anmeldetag: 27. 6. 85
43 Offenlegungstag: 8. 1. 87

Behördeneigentum

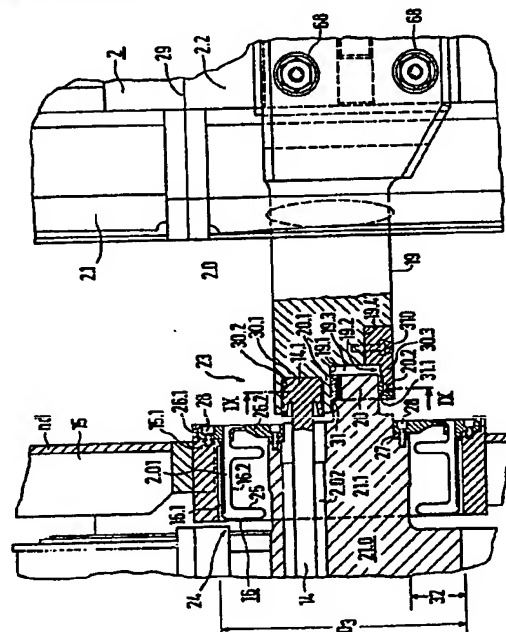
DE 3522916 A1

71 Anmelder:
Kraftwerk Union AG, 4330 Mülheim, DE

72 Erfinder:
Remberg, Axel, 4300 Mülheim, DE

54 Turbosatz mit wenigstens einer, ein Außengehäuse und ein dazu koaxiales Innengehäuse aufweisenden Niederdruck-Teilturbine und mit Hochdruck- und/oder Mitteldruck-Teilturbine

Der Turbosatz ist mit Lager- und Kupplungseinrichtungen zur Erzielung minimaler Axialspiele zwischen einander benachbarten Leit- und Laufschaufelkränzen ausgerüstet. Die beiden Fixpunkte für die axiale Wellen- und Gehäuseverschiebung sind bevorzugt in das gleiche Turbinenlager gelegt, und zwar in dasjenige zwischen Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine. Damit von diesen Fixpunkten ausgehend Wellen- und Gehäuseverschiebung auf praktisch gleicher axialer Dehnlänge erfolgen, sind die Niederdruck-Innengehäuse von ihren Außengehäusen unabhängig gelagert. Schubübertragende Kupplungsstangen (14) übertragen den Axialschub vom frei axial dehnenden Mitteldruck-Gehäuse-Ende auf das erste Niederdruck-Innengehäuse, von diesem auf das nächste u.s.f. Die vakuumdichte Durchführung der an Pratzenträgern (19) der Innengehäuse (2) angreifenden Kupplungsstangen (14) durch die Niederdruck-Außengehäuse ist innerhalb schubübertragender Turbinenlager baulich vereinigt mit einer horizontal wärmebeweglichen Pratzenträgerung des Innengehäuses (2), welches mit seinen Pratzenträgern (19) an axial vorkragenden Tragarmen (21.1, 20) der Lagergehäuse-Konsolen (21.0) gelagert ist. Zur Abdichtung der Durchführungen (24) von Kupplungsstangen (14) und Tragarmen (21.1, 20) durch die Außengehäuse-Stirnwand (15) dienen gemeinsame Dichtungsmembranen (16).



DE 3522916 A1

Patentansprüche

1. Turbosatz mit wenigstens einer, ein Außengehäuse (*nd*) und ein dazu koaxiales Innengehäuse (2) aufweisenden Niederdruck-Teilturbine (*ND*) und mit wenigstens einer, koaxial und stromauf zur Niederdruck-Teilturbine (*ND*) angeordneten weiteren Hochdruck- und/oder Mitteldruck-Teilturbine (*HD*, *MD*), wobei die Wellen der Teilturbinen starr miteinander zu einem Wellenstrang (*W*) gekuppelt sind und wobei die Gehäuse (*hd*, *md*, *nd*) der Teilturbinen und der Wellenstrang (*W*) auf Turbinenlagern (*g6.1*, *g6.2*...) umfassend Gehäuse- und Wellenlager (*g6.1*, *g6.2*...; *w6.1*, *w6.2*...), gelagert sind und die zwischen den Teilturbinen befindlichen Turbinenlager Lagergehäuse (21) aufweisen, welche auf Fundamentriegeln (*fr*) des Turbinenfundamentes (*FR*) in axialen Zwischenräumen zwischen den Teilturbinen und an den Enden letzterer aufgelagert sind, mit einem stromauf der Niederdruck-Teilturbine (*ND*) dieser vorgelagerten Turbinenlager mit Axiallager (*w6.1*) für den Wellenstrang (*W*) wobei durch das Axiallager eine erste achsnormale Referenzebene ($y-z$)₀ definiert ist, von welcher die axiale Wellendehnung und -verschiebung ihren Ausgang nimmt, wobei das Innengehäuse (2) der Niederdruck-Teilturbine (*ND*) radial-zentrisch wärmebeweglich und axial verschieblich unabhängig von und relativ zu ihrem Außengehäuse (*nd*) gelagert ist und mittels schubübertragender Kupplungsstangen (14), welche durch eine Stirnwand (15) des Außengehäuses mittels auch eine begrenzte Querbewegung ermöglichenden Dichtungselementen (16) wärmebeweglich und vakuumdicht hindurchgeführt sind, an das axial-beweglich gelagerte Ende eines axial benachbarten Teilturbinen-Gehäuses oder Turbinenlagergehäuses angeschlossen ist, und wobei durch eines der Niederdruck-Teilturbine (*ND*) vorgelagerten Turbinenlager eine zweite achsnormale Referenzebene ($y-z$)₁ definiert ist, von welcher die axiale Dehnung und Verschiebung des auf diesem Turbinenlager aufgelagerten Teilturbinen-Gehäuses und der daran gekuppelten Teilturbinen-Gehäuse einschließlich der oder des Niederdruck-Innengehäuse(s) (*ND*) ihren Ausgang nimmt, so daß die Wellen- und Gehäuseverschiebung auf praktisch gleicher axialer Dehnlänge und in der gleichen Richtung unter Erzielung minimaler Axialspiele zwischen einander benachbarten Lauf- und Leitschaukelkränzen (17, 18) erfolgt,

dadurch gekennzeichnet,

— daß die Schubübertragung mittels der Kupplungsstangen (14) in den Bereich schubübertragender Turbinenlager (6.2, 6.3) gelegt ist und daß hierzu die vakuumdichte Durchführung der Kupplungsstangen (14) baulich vereinigt ist mit einer horizontal wärmebeweglichen Pratztenlagerung des Innengehäuses (2) der Niederdruck-Teilturbine(n) (*ND*) an Pratztenarmen (19);

— daß die Pratztenarme (19) des Innengehäuses (2) sich in wellenachspareller Richtung erstrecken und mit gleitfähigen Trag- und Führungsflächen (19.1, 19.2) an den korrespondierenden Gegenflächen (20.1, 20.2) von festen

Auflagern des zugehörigen Lagergehäuses (21) gelagert und geführt sind; und

— daß im Bereich der schubübertragenden Turbinenlager (6.2, 6.3) die Kupplungsstangen (14) mit den Pratztenarmen (19) kraftschlüssig gekuppelt sind und die Durchführung durch das Außengehäuse (*nd*) für die kraftschlüssige Verbindung Kupplungsstange (14)-Pratztenarm (19) und für den Lagereingriff des Pratztenarms (19) an den Trag- und Führungsflächen (20.1, 20.2) der Auflager jeweils in einem gemeinsamen, mit dem Amdampfraum (2.0) der Niederdruck-Teilturbine (*ND*) kommunizierenden Vakuumraum angeordnet ist, welcher zum Außenraum mittels einer Membrandichtung (16) jeweils abgedichtet ist.

2. Turbosatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Membrandichtung (16) für die vakuumdichte Durchführung mit einem äußeren Ringflansch (26.1) an einer Stirnfläche (15.1) des Außengehäuses (*nd*) der Niederdruck-Teilturbine (*ND*) und mit einem inneren Ringflansch (26.2) an eine Turbinenlagergehäuse-Partie (21.1) vakuumdicht angeschlossen ist, welch letztere in ihrem Innenraum (2.02, 2.03) zumindest den größten Teil der Kupplungsstange (14) aufnimmt und einen Teil des Vakuumraumes (2.0) bildet.

3. Turbosatz nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Innengehäuse (2) der Niederdruck-Teilturbinen (*ND*) axial geteilt sind und ihre Unterteile an den Enden je zwei beiseits der vertikalen Achsebene ($x-y$) symmetrisch und in wellenachspareller Richtung hervorkragende Pratztenarme (19) aufweisen, die im Bereich oder kurz unterhalb der axialen Teilfuge (29) und damit im oder nahe dem Bereich des größten Innengehäuse-Durchmessers (*D*₂) angeordnet sind.

4. Turbosatz nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die festen Auflager von feststehenden, auf Fundamentriegeln (*fr*) verankerten Konsolen (21.0) der Lagergehäuse (21) gebildet sind, mit Tragarmen (21.1) der Konsolen (21.0) in Flucht zu den Pratztenarmen (19) sich diesen jeweils durch die Außengehäuse-Stirnwand (15) hindurch entgegenstrecken und an ober- und unterseitigen gleitfähigen Trag- und Führungsflächen (20.1, 20.2), welche an Tragansätzen (20) der Tragarme (21.1) angeordnet sind, von den Pratztenarm-Enden mit durch mauelförmige Ausnehmungen (19.3) gebildeten Vorsprüngen (30.1, 30.2) über- und untergriffen werden.

5. Turbosatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplungsstangen (14) die Konsolen (21.0) und deren Tragarme (21.1) achsparallel zur und oberhalb der Flucht der Tragansätze (20) des betreffenden Turbinenlagers in Kupplungs-Kanälen (2.02) durchdringen und daß die Pratztenarm-Enden oberhalb ihrer mauelförmigen Ausnehmungen (19.3) jeweils mit den Enden (14.1) der Kupplungsstangen (14) kraftschlüssig gekuppelt sind.

6. Turbosatz nach Anspruch 2, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Tragarme (19) mit ihren Kupplungs-Kanälen (2.02) und -Stangen (14) durch eine Öffnung (24) in der Stirnwand (15) des jeweils angrenzenden Außengehäuses (*ND*) mit Spiel (32) hindurchgeführt sind und daß der durch das Spiel gebildete Ringraum als Aufnahmeaum für die

Membrandichtung (16) dient.

7. Turbosatz nach Anspruch 2 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragarm (21.1) an seinem dem Pratzarm (19) zugewandten Ende mit einer Ringschulter (27) versehen ist, an welcher der innere Ringflansch (26.2) der Membrandichtung dichtend befestigt ist, und daß der äußere Ringflansch (26.1) der Membrandichtung (16) am Öffnungsrand (15.1) der Außengehäuse-Stirnwand (15) auf deren Innenseite dichtend befestigt ist.

8. Turbosatz nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Membrandichtung (16) als Wellrohr oder Dehnungsbalg mit in Axialrichtung (x) biegeeweicher und auch in achsnormaler Richtung begrenzt verformbarer Doppelwand (16.1, 16.2) ausgebildet ist.

9. Turbosatz nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplungsstangen (14) jeweils mit einem Gewinde-Ende (14.1) in ein Gewinde-Sackloch (30.2) oberhalb der mauflörmigen Ausnehmung (19.3) in einen Anker-Vorsprung (30.1) eingelassen ist.

11. Turbosatz nach Anspruch 5 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplungsstangen (14) durch Spannschlösser (33) längenveränderbar sind und der Kupplungs-Kanal (2.02) in einem von oben zugänglichen Bereich der Lagergehäuse-Konsolen (21.0) zu einer Spannschloß-Kammer (2.03) erweitert ist, welche letztere durch einen Dichtungsdeckel (33.1) vakuumdicht abschließbar ist.

12. Turbosatz nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine, dadurch gekennzeichnet,

— daß die erste und die zweite achsnormale Referenzebene ($y-z$)₀, ($y-z$)₁ in das Turbinenlager (6.1) zwischen Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine (HD , MD) gelegt sind,

— daß Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine (HD , MD) mit ihren Tragpratzen-Paaren (P_{12} ; P_{21}) an diesem Referenzlager im Bereich ihrer horizontalen Achsebenen (35.0; 9.0) axial fest, jedoch horizontal und radialzentrisch wärmebeweglich gelagert sind,

— daß Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbinen (HD , MD) an ihrem dem Referenzlager (6.1) abgewandten Enden mit Tragpratzen-Paaren (P_{11} , P_{22}) jeweils axial- und radialzentrisch wärmebeweglich an den zugehörigen Turbinenlagern (6.4; 6.2) gelagert sind und

— daß das Gehäuse (md) der Mitteldruck-Teilturbine (MD) auf seiner der benachbarten Niederdruck-Teilturbine (MD) (ND ; $ND1$) zugewandten Seite mit Verankerungsstellen (45) für die Kupplungsstangen (14) versehen ist, welche letztere mit dem Innengehäuse (2) der benachbarten Niederdruck-Teilturbine (ND , $ND1$) gekuppelt sind.

13. Turbosatz nach Anspruch 12, wobei das Gehäuse (md) der Mitteldruck-Teilturbine (MD) zwei unterhalb der horizontalen Achsebene ($x-z$) seitlich abgehende Abdampfstutzen ($md5$) aufweist, dadurch gekennzeichnet,

— daß die Verankerungsstellen (45) an Fortsätzen (46) der Abdampfstutzen ($md5$) angeordnet sind, die sich fluchtend zu den Kupplungsstangen (14) und Pratzarmen (19) des Innengehäuses (2) der benachbarten Niederdruck-Teilturbine (ND , $ND1$) und symmetrisch

beidseits der vertikalen Achsebene ($x-y$) erstrecken, und

— daß der Kupplungskanal (2.02) der Kupplungsstangen zur Seite der Mitteldruck-Teilturbine (MD) hin durch eine Dichtungsmanchette (47) abgedichtet ist, welche das aus dem Kupplungskanal herausragende Ende (14.2) der Kupplungsstangen (14) umgibt und an ihrem einen Ende mit dem Öffnungsrand (48) des Kupplungskanals (2.02) sowie an ihrem anderen Ende mit einem die Verankerungsstelle (45) am Fortsatz (46) umgebenden Ringkragen (49) dichtend verbunden ist.

14. Turbosatz nach einem der Ansprüche 1 bis 13, gekennzeichnet durch eine Mittenföhrung (53.1 – 51.1) der Innengehäuse (2) der Niederdruck-Teilturbine (ND , $ND1$, $ND2$) in der vertikalen Achsebene ($x-y$) im unteren Bereich ihres Auströhmungsquerschnitts (3/I, 3/II), wobei mit der Tragitter-Konstruktion (2.3) des Innengehäuses (2) verbundene axiale Führungsbolzen (51) und im Turbinen-Fundament (fr , FR) verankerte koaxiale Führungsstangen (53) mit vertikalen Führungs- und Gleitflächen (51.1, 52, 53.1) ineinanderfassen,

— daß die Führungsstange (53) jeweils die anliegende Außengehäuse-Stirnwand (15) mit Spiel (56) durchdringt und der durch das Spiel gebildete Ringraum als Aufnahmeraum für eine weitere Dichtungsmembrane (58) dient, welche die Führungsstange (53) konzentrisch umgibt und einerseits mit dem Außengehäuse (nd), andererseits mit der Führungsstange (53) vakuumdicht verbunden ist,

— daß Ausbildung und Befestigungsart der weiteren Dichtungsmembrane (58) gleichartig zu derjenigen der ersten Dichtungsmembrane (16) sind und

— daß hierzu ein innerer Ringflansch (58.1) der weiteren Dichtungsmembrane (58) mit einer Ringschulter (53.2) der Führungsstange (53) und ein äußerer Ringflansch (58.2) der weiteren Dichtungsmembrane (58) mit einer Ringsitzfläche (60) auf der Innenseite einer Außengehäuse-Stirnwand (15, 57.1) vakuumdicht verbunden sind.

15. Turbosatz nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Außengehäuse-Durchföhrung für die nicht schubübertragende und daher kupplungsstangen-freie Lagerung der Pratzarme (19) eines Innengehäuses (2) der Niederdruck-Teilturbinen (ND , $ND2$) an den korrespondierenden Tragarmen (21.1) der Lagergehäuse-Konsolen (21.0),

— die an der stromabgelegenen Außenseite einer einzigen Niederdruck-Teilturbine (ND) oder einer in der axialen Flucht letzten Niederdruck-Teilturbine ($ND2$) bei mehr als zweiflühtiger Anordnung gegeben ist,

— oder die bei Anordnung der den Fixpunkt der axialen Gehäusedehnung definierenden zweiten achsnormalen Referenzebene ($y-z$)₁ innerhalb des zwischen Mitteldruck- oder Hochdruck-Teilturbine (MD , HD) einerseits und anliegender Niederdruck-Teilturbine (ND , $ND1$) andererseits gelagerten Turbinenlagers (6.2) gegeben ist,

jeweils mit einer Dichtungsmembran (65) abgedichtet ist, welche gleichartig ausgebildet und befe-

stigt ist wie die Dichtungsmembrane (16) erster Art im Bereich der kombinierten schubübertragenden Kupplungsstangen- und Tragarm-Durchführung (24).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Turbosatz mit wenigstens einer, ein Außengehäuse und ein dazu koaxiales Innengehäuse aufweisenden Niederdruck-Teil-10 turbine und mit wenigstens einer, koaxial und stromauf zur Niederdruck-Teilmaschine angeordneten weiteren Hochdruck- und/oder Mitteldruck-Teilmaschine, wobei die Wellen der Teilmaschinen starr miteinander zu einem Wellenstrang gekuppelt sind, wie im Gattungsbegriff 15 des Anspruchs 1 näher definiert.

Wenn man das oder die Innengehäuse der Niederdruck-Teilmaschine (n) in deren Außengehäuse lagert, insbesondere mit Tragpratzen im Bereich der axialen Gehäusesteifuge — das Außengehäuse ist dabei separat über eigene Tragpratzen auf Fundament-Querriegeln oder mittelbar über den mit ihm verbundenen Abdampfstützen gelagert —, so erspart man sich die Abdichtung für die Innengehäuse-Auflagerung mittels Kompensatoren, wie sie z. B. aus der US-PS 38 81 843 hervorgeht. Die Axialspiele zwischen einander benachbarten Lauf- und Leitschaufelreihen werden jedoch mit zunehmender Größe und Leistung des Turbosatzes und mit zunehmendem Abstand von achsnormalen Referenzebenen für die Wellen- und Gehäuseverschiebung relativ größer, weil die Axialdehnung des Wellenstranges auf seiner Länge, gerechnet von seiner Referenzebene in Richtung + x (stromabwärts gesehen) bzw. - x (stromaufwärts gesehen), in Beziehung gesetzt werden muß mit der Axialdehnung der Gehäuse der einzelnen Teilmaschinen, und insbesondere mit derjenigen der Innengehäuse der einzelnen Niederdruck-Teilmaschinen auf ihrer axialen Dehnlänge.

Durch die DE-AS-12 16 322 ist eine Dampf- oder Gasturbine mit den wesentlichen Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bekannt — wobei allerdings zur Gehäuselagerung der Niederdruck-Teilmaschinen und der Mitteldruck-Teilmaschinen keine bzw. nur andeutungsweise Hinweise gegeben werden —, bei welcher zur Lösung der aufgezeigten Problemstellung das Innengehäuse der Niederdruck-Teilmaschine (n) relativ zum Außengehäuse axial verschiebbar ist und seine Kupplung mit dem benachbarten Gehäuse einer Mitteldruck-Teilmaschine bzw. einem Lagerbock durch ein Gestänge erfolgt, das durch die Wand des Außengehäuses dampf-40 dicht und beweglich hindurchgeführt ist. Als Dichtungselement zur Abdichtung der Durchführung dient insbesondere ein axial und radial nachgiebiger Faltenbalg, der an einem Kragen der Kupplungsstange einerseits und am Außengehäuse andererseits vakuumdicht befestigt ist. Er wird deshalb durch relativ große Verschiebungen beaufschlagt. Die Abdichtung kann auch mittels einer Gleitpassung erfolgen, diese ist aber nie ganz vakuumdicht bzw. erfordert eine sehr genaue Bearbeitung.

Für die Gehäuse- und Wellenlagerung einer Dampf-50 turbine gemäß den wesentlichen Merkmalen des Gattungsbegriffs sind weitere Details entnehmbar aus der Zeitschrift VGB-Kraftwerkstechnik 53, Heft 12 vom Dez. 1973, S. 817 b. 826, insb. S. 820 und 822. Der Turbinentyp A weist dabei eine achsnormale Referenzebene für die axiale Gehäusedehnung auf, welche in ein Turbinenlager zwischen der Mitteldruck- und der ersten Niederdruck-Teilmaschine gelegt ist. Dadurch ist der Fix-

punkt der Gehäusedehnung für die Innengehäuse der Niederdruck-Teilmaschinen in Richtung + x und für die angeschlossenen Gehäuse der Mitteldruck- und Hochdruck-Teilmaschine in Richtung - x festgelegt. Die Lagerblöcke bzw. Lagergehäuse der Hochdruck- und Mitteldruck-Teilmaschine sind zwar jeweils feststehend, jedoch ist das Axiallager bzw. Axialdrucklager der Turbinenwelle beweglich, dessen Gehäuse durch zwei horizontale Schubstangen mit dem Gehäuse der Hochdruck-Teilmaschine verbunden ist und dessen axialer Verschiebung folgt. In der genannten Literaturstelle sind die Kupplungs- bzw. Schubstangen zur gleichsinnigen Axialverschiebung der Innengehäuse der Niederdruck-Teilmaschinen lediglich angedeutet, die Turbinenlager für die Innengehäuse sind — ebenso wie in der DE-AS 12 16 322 — nicht dargestellt und nicht beschrieben. Es wird indessen hervorgehoben, daß der bekannte Turbinentyp A eine gute Angleichung der im Betrieb entstehenden axialen Laufer- und Gehäuse-Wärmedehnungen erlaube, insbesondere im ND-Teil (Niederdruckteil) der Turbine.

Diese allgemeine Aufgabenstellung liegt auch der vorliegenden Erfindung zugrunde; sie läßt sich dahin definieren, die axiale Wellen- und Gehäuseverschiebung bei einem Turbosatz im allgemeinen und einer Dampf-25 turbine im besonderen auf möglichst gleicher axialer Dehnlänge und in der gleichen Richtung unter Erzielung minimaler Axialspiele zwischen einander benachbarten Lauf- und Leitschaufelkränzen erfolgen zu lassen, insbesondere, was die Lauf- und Leitschaufelkränze der Niederdruck-Teilmaschinen angeht. Hier von ausgehend, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den gattungsgemäßen Turbosatz so auszubilden, daß

— mit möglichst wenig abzudichtenden Durchführungen für die Kupplungsstangen und die Tragpratzen bzw. damit zusammenwirkender Lagerelemente der Innengehäuse der Niederdruck-Teilmaschinen ausgekommen und

— die Beanspruchung des Dichtungselementes verringert werden kann.

Unteraufgaben, deren Lösung durch Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes ermöglicht sein soll, bestehen vor allem darin,

— durch die neue Konstruktion es zu ermöglichen, daß die Durchführungen für die Kupplungsstangen an gut zugänglichen Stelle angeordnet werden können, so daß eine bequeme Montage und Auswechslung der Dichtungselemente gewährleistet ist;

— die achsnormale Referenzebenen, von denen die axiale Gehäusedehnung ihren Ausgang nehmen, in ein und dasselbe Turbinenlager zu legen, so daß damit einfache und übersichtliche Verhältnisse bei der Lagerjustierung und während des Betriebes gegeben sind, wobei auch die erste achsnormale Referenzebene eine Fixpunkt für die axiale Wellendehnung definieren soll, und

— den Turbosatz so auszubilden, daß die Dichtungselemente auch für diejenigen Durchführungsstellen verwendbar sind, welche mit der axialen Mittenführung des jeweiligen Innengehäuses oder der Kupplungsstangenfreien Auflagerung desselben im Zusammenhang stehen.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe bei einem Turbosatz gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen 2 bis 15 angegeben.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind vor allem darin zu sehen, daß — wie es der Begriff "schub-

übertragende Turbinenlager“ bereits zum Ausdruck bringt — diese Turbinenlager die Doppelfunktion der Schubübertragung einerseits und der wärmebeweglichen Auflagerung und Führung der anliegenden Teilturbinen-Gehäuse in sich vereinigen und daß pro Doppel-Durchführungsstelle einer Kupplungsstange und des Lagereingriffs Pratzarm/Tragarm jeweils nur ein Dichtungselement benötigt wird. Die gleitfähigen Trag- und Führungsflächen zwischen den Pratz- und den Tragarmen sind im Vakuum angeordnet: sie erfordern damit keinen gesonderten Schutz gegen Verschmutzung von außen. Trotzdem ist es unschwer möglich, die Dichtungselemente im Bereich der Durchführungen durch die Außengehäuse der Niederdruck-Teilturbinen so anzuordnen, daß sie Dichtungselemente von außen leicht zugänglich und damit montierbar und auswechselbar sind, womit zugleich eine Zugänglichkeit zu den Trag- und Führungsflächen zwischen Pratz- und Tragarmen gegeben ist. Die Dichtungselemente sind zwischen Sitzflächen an der Außengehäuse-Stirnwand und am Lagergehäuse eingespannt, also zwischen Teilen nur geringer Relativverschiebung, so daß ihre Ausschläge moderat sind, wogegen die die größeren Wärmebewegungsverschiebungen der Innengehäuse über die Kupplungsstangen von den Dichtungselementen entkoppelt sind.

Für die Zugänglichkeit im Sinne der ersten Unteraufgabe erweisen sich die Gegenstände der Unteransprüche 2 bis 7 sowie 10 als besonders vorteilhaft. Eine vorteilhafte Ausbildung der Dichtungsmembran behandelt Anspruch 8, und in Anspruch 9 ist eine strömungsgünstige Form der Trag- und Pratzarme angegeben. Bei der Montage des Turbosatzes und bei Inspektionen erweist sich der Gegenstand des Anspruchs 11 als günstig, indem der Bereich der schubübertragenden Turbinenlager durch Öffnen eines Dichtungsdeckels einer Spannschloßkammer von oben zugänglich ist, in welcher jeweils ein Spannschloß zum axialen Justieren bzw. Nachjustieren der axialen Flucht der Kupplungsstangen untergebracht ist.

Durch den Gegenstand des Anspruchs 12 bzw. denjenigen der Ansprüche 12 und 13 ist die zweite Unteraufgabe gelöst, wobei also nicht nur der Fixpunkt der axialen Gehäusedehnung, sondern auch derjenige der axialen Wellendeckung in das Turbinenlager gelegt ist, welches sich zwischen der Hochdruck- und der Niederdruck-Teilturbine befindet.

Durch den Gegenstand der Ansprüche 14 und 15 wird die dritte Unteraufgabe gelöst, womit erreicht wird, daß es sich bei dem Dichtungselement um ein innerhalb des Turbosatzes vielseitig verwendbares Element handelt, wodurch die Lagerhaltung, die Austauschbarkeit und Wartung erleichtert sind.

Im folgenden wird anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels die Erfindung noch näher erläutert. Darin zeigt in teils vereinfachter Darstellung:

Fig. 1, unterteilt in die beiden Figurenteile Fig. 1A und Fig. 1B, im Aufriß einen erfindungsgemäß ausgebildeten Turbosatz mit Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine und zwei sich daran axial anschließenden Niederdruck-Teilturbinen;

Fig. 2, unterteilt in die beiden Figurenteile Fig. 2A und Fig. 2B, den zugehörigen Grundriß, wobei lediglich eine Teilansicht auf die eine, auf der einen Seite der Wellenachse gelegene Hälfte des Turbosatzes gezeigt ist, weil die andere Hälfte gleichartig ausgebildet ist;

Fig. 3 die Ansicht III aus Fig. 2A, d. h. einen Aufriß in

Phantomdarstellung des zwischen Mitteldruck- und erster Niederdruck-Teilturbine angeordneten Turbinenlagers;

Fig. 4 den Schnitt nach der Linie IV-IV aus Fig. 2B, d. h. einen Teilschnitt durch das Turbinenlager zwischen den einander benachbarten Niederdruckteilturbinen in der Vertikalebene, in der auch die Kupplungsstange liegt;

Fig. 5 einen vertikalen Teilschnitt gemäß Linie V-V aus Fig. 2B, woraus eine kupplungsstangenfreie Ausbildung des am Ende der zweiten Niederdruck-Teilturbine angeordneten Turbinenlagers ersichtlich ist;

Fig. 6 den vertikalen Teilschnitt nach Linie VI-VI aus Fig. 2A, d. h. nähere Einzelheiten des die axialen Fixpunkte für die Gehäuse- und Wellendeckung definierenden Turbinenlagers zwischen Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine;

Fig. 7 einen vertikalen Teilschnitt nach Linie VII-VII aus Fig. 2A, d. h. nähere Einzelheiten der Ausbildung des kopfseitigen Turbinenlagers der Hochdruck-Teilturbine, welches eine axiale Gehäuseverschiebung ebenso wie dasjenige nach Fig. 3 zuläßt;

Fig. 8 die Einzelheit VIII aus Fig. 4, d. h. die Durchführung von Kupplungsstange und Tragarm durch eine Außengehäuse-Stirnwand und den Anschluß von Kupplungsstange und Tragarm an den Pratzarm des Innengehäuses;

Fig. 9 den Schnitt nach Linie IX-IX aus Fig. 8;

Fig. 10 eine Darstellung des Innengehäuses der Niederdruck-Teilturbine, ergänzt durch eine Darstellung des umgebenden Außengehäuses bei abgenommener Außengehäusehaube und ergänzt durch eine Teildarstellung der angrenzenden beiden Turbinenlager, wobei wegen der Symmetrie nur die eine Teilturbinen-Hälfte dargestellt ist;

Fig. 11 in einem Schnitt nach Linie XI-XI aus Fig. 10, allerdings bei aufgesetzter Außengehäusehaube, eine einzelne Niederdruck-Teilturbine mit ihren zugehörigen Wellenlagern, wobei aus der unteren Hälfte der Fig. 12 auch die Mittenzentrierungen für die beiden Innengehäuse-Enden ersichtlich sind;

Fig. 12 die Einzelheit XII aus Fig. 11, d. h. den Eingriff zwischen Führungsstange des Turbinenlagers und dem Führungsbolzen des Innengehäuses;

Fig. 13 den Schnitt nach Linie XIII-XIII aus Fig. 12, d. h. den Führungseingriff der Paßflächen;

Fig. 14 perspektivisch die Befestigung und Lagerung des Außengehäuses einer Niederdruck-Teilturbine über ihren Abdampfstützen direkt auf dem Turbinenkondensator, wobei durch die Vertikalpfeile die Auflager-Reaktionskräfte angedeutet sind; und

Fig. 15 den Turbosatz perspektivisch in Gesamt- und zum Teil in Phantom-Darstellung mit angeschlossenen Dampfleitungen, Dampfventilen und dem von der Dampfturbine angetriebenen Turbogenerator.

Der in Fig. 1 und 2 dargestellte Turbosatz besteht aus den koaxial zueinander in Richtung der Wellenachse x angeordneten Teilturbinen HD , MD , $ND1$ und $ND2$. Jede der zueinander gleichartige aufgebauten Niederdruck-Teilturbinen $ND1$ bzw. $ND2$ weist ein Außengehäuse nd auf und — wie es insbesondere Fig. 10 und Fig. 11 näher zeigen — in dazu koaxiales Innengehäuse 2 . Für die Erfindung ist wesentlich, daß wenigstens eine Niederdruck-Teilturbine, allgemein mit ND bezeichnet, vorgesehen ist; es können indessen, wie dargestellt, zwei gleichartige Niederdruck-Teilturbinen $ND1$, $ND2$ oder mehr als zwei vorgesehen sein. Weil jede der Niederdruck-Teilturbinen üblicherweise zwei Abdampfleitungen

3/I, 3/II aufweist und eine gemeinsame Mitteneinströmung 4 (wofür 2 diametral einander gegenüberliegende Rohrstützen vorgesehen sind), so spricht man bei einer Niederdruck-Teilturbine von zweiflutiger Bauart, bei zwei Niederdruck-Teilturbinen von vierflutiger Bauart usw.

Zur Verwirklichung der Erfindung ist weiterhin wesentlich, daß koaxial und stromauf zur ersten bzw. einzigen Niederdruck-Teilturbine *ND1* bzw. *ND* eine weitere Hochdruck- und/oder Mitteldruck-Teilturbine vorgesehen ist. Dargestellt ist eine bevorzugte, weit verbreitete sogenannte HMN-Bauform mit Mitteldruck-Teilturbine *MD*, axial in Richtung $-x$ benachbart zur Niederdruck-Teilturbine *ND1* und ferner mit einer Hochdruck-Teilturbine *HD*, wiederum axial in Richtung $-x$ vorgelagert bzw. benachbart zur Mitteldruck-Teilturbine *MD*.

Die einzelnen Wellen der Teilturbinen *HD*, *MD*, *ND1*, *ND2* sind starr miteinander zu einem Wellenstrang *W* gekuppelt, der ausschnittsweise aus den Fig. 10 und 11 erkennbar ist, wobei aus Fig. 11 besonders deutlich die beiden Wellenkupplungen 5.2, 5.3 mit ihren zusammengepressten, nicht näher bezeichneten Kupplungsflächen und die beiden den Wellenkupplungen 5.2, 5.3 unmittelbar benachbarten Traglagern *w6.2*, *w6.3* erkennbar sind.

Die Gehäuse *hd*, *md* und *nd* der Teilturbinen *HD*, *MD*, *ND1* und *ND2* und der gemeinsame Wellenstrang *W* sind auf allgemein mit 6 bezeichneten Turbinenlagern gelagert, welche sich jeweils in axialen Zwischenräumen zwischen den einzelnen Teilturbinen, nämlich die Turbinenlager 6.1, 6.2 und 6.3, befinden oder welche sich vor Kopf der Hochdruck-Teilturbine *HD* oder vor Kopf der zweiten Niederdruck-Teilturbine *ND2* befinden und mit 6.4 bzw. 6.5 bezeichnet sind. Die Turbinenlager 6.1 bis 6.5 sind auf Fundamentriegeln *fr* einer als Ganzes mit *FR* bezeichneten Tischplatte (vgl. Fig. 2 und 15) in den axialen Zwischenräumen zwischen den Teilturbinen und an den Enden letzterer aufgelagert. Diese Fundamentriegel *fr* werden im allgemeinen durch die zwischen den Aussparungen stehenden Stege der horizontalen, aus Spannbeton oder Stahl bestehenden Tischplatte *FR* gebildet, durch deren Aussparungen die Teilturbinen mit ihren unteren Gehäusehälften ragen, wobei die den gesamten Turbosatz bis auf die Außengehäuse 1 der Niederdruck-Teilturbinen *ND* tragende Tischplatte *FR* über nicht näher dargestellte Fundamentstützen *fs* sich auf einer auf dem Gehäusefundament ruhenden Sohlplatte abstützt, wie es z. B. Bild 1 und 3 des Aufsatzes "Verformungsverhalten von Turbinenfundamenten" (Zeitschrift VGB-Kraftwerkstechnik 59, Heft 10 vom Okt. 1979, S. 819 bis 833) zeigen.

Die Turbinenlager umfassen jeweils Gehäuselager, welche in den Figuren und insbesondere in Fig. 1 und Fig. 2 jeweils mit *g6.2* usw. generell bezeichnet sind, und Wellenlager, welche mit *w6.1*, *w6.2* usw. zu bezeichnen wären. Diese Wellenlager sind aus Fig. 1, bis auf das schematisch angedeutete Wellenlager *w6.1*, mit seinem Druck- bzw. Axiallager 7 und seinem Traglager 8 nicht ersichtlich; aus Fig. 10 und 11 erkennt man jedoch die beiden, der ersten Niederdruck-Teilturbine *ND1* zugeordneten Wellenlager *w6.2* und *w6.3* mit ihren Trag- bzw. Radiallagern 8.

Durch das Axiallager 7 (Fig. 1A) ist eine erste achsnormale Referenzebene ($y-z$) definiert, von welcher die axiale Wellendehnung und -verschiebung in Richtung $+x$ (vergleiche dazu das eingezeichnete Koordinatenkreuz) und in Richtung $-x$ ihren Ausgang nimmt.

Wesentlich für das die erste achsnormale Referenzebene definierende Axiallager 7 ist, daß es in Axialrichtung $+x$ vorgesehen, der Niederdruck-Teilturbine *ND1* vorgelagert ist und daß es, wenn auch eine Mitteldruck-Teilturbine *MD* zum Turbosatz gehört, bevorzugt auch dieser Teilturbine axial vorgelagert ist, wie dargestellt. Weiterhin bevorzugt wird durch dieses Axiallager 7 ein axialer Fixpunkt für die Wellendehnung definiert, von dem aus die Dehnung der Welle bei Erwärmung in Richtung $+x$ und $-x$ ihren Ausgang nimmt. D. h. die beiden, durch eine Welleneinschnürung gebildeten Wellenbünde liegen gegen feste Drucklager-Klotzkränze an, deren Klötze einzeln kippbar gelagert sind, womit sich für Montage und Betrieb des Turbosatzes einfachere, leicht überschaubare Verhältnisse der axialen Spiele und der axialen Wellendehnung ergeben (nicht im einzelnen dargestellt). Grundsätzlich möglich ist es auch, die erste achsnormale Referenzebene in das Turbinenlager 6.2 zwischen der Niederdruck-Teilturbine *ND1* und der benachbarten Mitteldruck-Teilturbine *MD* zu legen, in welchem Falle dieses Turbinenlager 6.2 mit einem Axial- bzw. Drucklager auszurüsten wäre.

Bevor die Lagerung des Turbosatzes näher erläutert wird, sei zunächst noch anhand der perspektivischen, phantomhaften Gesamtdarstellung nach Fig. 15 die Gesamtanordnung des Turbosatzes erläutert. Man erkennt daraus die Tischplatte *FR* und die einzelnen Teilturbinen *HD*, *MD*, *ND1*, *MD2* und ferner koaxial dazu in Umrissen den mit seinem nicht näher dargestellten Läufer an den Wellenstrang angekuppelten Turbogenerator *TG* mit vorgeschalteter Haupterregmaschine *HE*. Die Hochdruck-Teilturbine *HD* hat zwei Frischdampf-Einlaßstützen *hd5*, welche einander diametral in einer achsqueren Ebene gegenüber liegen. An die Frischdampfstützen *hd1* sind angeschlossen in symmetrischer Anordnung die beiden Ventilkombinationen *V1* bzw. *V2*, wobei jede Ventilkombination aus einem Schnellschlußventil *V11* bzw. *V21* und einem mit seiner Ventilachse dazu senkrecht stehenden Regelventil *V12* bzw. *V22* besteht.

Wie es Fig. 1A zeigt, ist die Hochdruck-Teilturbine *HD* in Topfbauart ausgeführt mit dem eigentlichen Gehäuseoberteil *hd1* und dem dichtend mit diesem verspannten Deckel *hd2*, sowie dem Abdampfstützen *hd3* (die Abdampfleitung ist in Fig. 1 nicht dargestellt, jedoch aus Fig. 15 erkennbar und dort mit *hd4* bezeichnet).

Aus Fig. 15 erkennt man auch die beiden Ventilkombinationen *V3* und *V4*, jeweils bestehend aus einem Abfang-Schnellschlußventil *V31* bzw. *V41* und einem Abfang-Regelventil *V32* bzw. *V42*, wobei die Ventillachsen von Schnellschluß- und Regelventil wiederum zueinander senkrecht stehen. In Fig. 15 ebenso wie in Fig. 1A sind bei der Mitteldruck-Teilturbine *MD* ihr in der horizontalen Achsebene geteiltes Gehäuse mit *md* bezeichnet, ihr Gehäuse-Oberteil mit *md1*, ihr Unterteil mit *md2*, die dichtend zusammengeschlossenen Gehäuseflanschen von Ober- und Unterteil mit 9.1 und 9.2, die Frischdampf-Einlaßstützen für die Mitteneinströmung dieser zweiflutig ausgeführten Teilturbine mit *md3* (letztere sind je einem Gehäuse-Oberteil und -Unterteil zugeordnet und liegen einander diametral gegenüber), Stützen für den Anschluß von Anzapfleitungen mit *md4*, welche paarweise jeweils dem Ober- bzw. dem Unterteil *md1* bzw. *md2* zugeordnet sind.

Aus Fig. 15 erkennt man ferner die vom Abdampfstützen *md5* (davon ist nur einer erkennbar) abgehenden Überströmleitungen 10, durch welche der Dampf den Einstromstützen 4 der beiden Niederdruck-Teiltur-

binen *ND1*, *ND2* zugeführt wird (vgl. Fig. 1B), unterhalb der beiden Niederdruck-Teilturbinen *ND1*, *ND2* und unterhalb der Tischplatte *FR* ist der Dampfkondensator *C* mit den beiden, je einem Abdampfstützen der Niederdruck-Teilrubinen zugeordneten beiden Speisewasservorwärmern *VW*, welche als Einsteck-Vorwärmer ausgeführt sind, angeordnet.

Das Außengehäuse *nd* der Niederdruck-Teilturbinen ist in der horizontalen Achsebene $x-z$ geteilt in ein haubenförmiges Oberteil *nd1*, dessen Querschnitt Kreissegmentform hat, und in ein kastenförmiges, als Rahmenkonstruktion ausgeführtes Unterteil *nd2*, wobei Ober- und Unterteil mit im wesentlichen rechteckförmigen Teilfugenflanschen 11.1, 11.2 vakuumdicht zusammenangespannt sind. Ober- wie auch Unterteil *nd1*, *nd2* sind im Bereich der beiden Durchführungen des Wellenstranges *W* konisch nach innen gezogen, so daß Platz für Wellendichtungsanordnungen 12 gegeben ist, vgl. Fig. 11 und Fig. 12, wobei die konisch eingezogenen Partien mit 13 bezeichnet sind. Am Innenumfang der konischen Einziehungen 13, etwa auf ihrer halben Länge bis zu zwei Dritteln ihrer Länge (von außen gesehen) ist eine achsnormale biegegewiche Dichtwand 14 jeweils befestigt, die vom Wellenstrang *W* mit Spiel durchdrungen wird und im Bereich ihres Innenrandes mit dem einen Ringflansch einer als biegegewicher Faltenbalg ausgebildeten Dichtungsmembran 15 verbunden ist, deren anderer Ringflansch mit einer Ringwand der Dichtungsanordnung 12 dichtend verbunden ist, so daß also die konischen Einziehungen 13, jeweils die Außenwand von Abström-Diffusoren 1.1, 1.2 der beiden Dampfleitungen 3/I und 3/II bilden, zusammen mit den übrigen Teilen des Außengehäuses "atmen" können, d. h. relativ zur Welle bzw. dem Wellenstrang *W* und relativ zur Dichtungsanordnung 12 sich jeweils temperatur- und druckabhängig verschieben und verlagern können, ohne daß durch verhinderte Wärmedehnungen Zwangskräfte entstehen und so die Dichtfunktion der Wellendichtungsanordnungen 12 behindern könnten.

Wie es Fig. 1 in Verbindung mit Fig. 14 und Fig. 15 zeigt, ist das Außengehäuse *nd* der Niederdruck-Teilturbinen an einem unteren Rechteckflansch mit dem Abdampfstützenteil *nd3* verbunden, letzterer ist wiederum mit dem Dampfkondensator *C* verbunden, wobei letzterer, wie es die Auflagekraft-Pfeile *a1* verdeutlichen, auf dem Gebäudefundament *F* ruht. Die Tischplatte *FR* (Fig. 16) ist also vom Gewicht der Außengehäuse *nd* der Niederdruck-Teilturbinen *ND1*, *ND2* entlastet.

Gegenüber dem Außengehäuse *nd* der Niederdruck-Teilturbinen ist nun deren Innengehäuse 2 unabhängig von und relativ zu letzterem radial-zentrisch wärmebeweglich und axial verschieblich gelagert und — vgl. insb. Fig. 2 bis Fig. 4 — mit schubübertragenden Kupplungsstangen 14, welche durch eine Stirnwand 15 des Außengehäuses mittels auch eine begrenzte Querbewegung ermöglichender Dichtungselemente 16 wärmebeweglich und vakuumdicht hindurchgeführt sind, an das axialbeweglich gelagerte Ende eines axial benachbarten Teilturbinen-Gehäuses *md* angeschlossen. Den in Fig. 3 weggelassenen Teil der Darstellung muß man sich in diesem Zusammenhange so vorstellen, wie im rechten Teil der Fig. 4 dargestellt bzw. in Fig. 8 vergrößert im Detail gezeigt.

Durch einen Vergleich der Fig. 2 mit den Fig. 3 bis 7 stellt man fest, daß durch das Turbinenlager 6.1 zwischen den beiden Teilturbinen *HD* und *MD*, d. h. durch sein Gehäuselager *g6.1*, zweite achsnormale Referenzebenen $(y-z)_{11}$ bzw. $(y-x)_{12}$ definiert sind, von welchen

die axiale Dehnung und Verschiebung des an diesem Turbinenlager *g6.1* aufgelagerten Teilturbinen-Gehäuses *md* in Richtung $+x$ seinen Ausgang nimmt, und zwar ausgehend von der Referenzebene $(y-z)_{12}$ und mit dem Teilturbinen-Gehäuse *md* verschieben sich und dehnen sich separat die daran über die Kupplungsstangen 14 angekuppelten Innengehäuse 2 der Niederdruck-Teilturbinen *ND1*, *ND2*. Dies wird bei Betrachtung der Fig. 3 bis 5 in Verbindung mit Fig. 2A, 2B deutlich. In Richtung $-x$ nimmt die axiale Dehnung und Verschiebung für das im Bereich des Gehäuselagers *g6.1* aufgelagerte Gehäuse *hd* der Hochdruck-Teilturbine *HD* ihren Ausgang von der achsnormalen Referenzebene $(y-x)_{11}$, und das in Fig. 1A und Fig. 2A linke Ende des Gehäuses *hd* der Hochdruck-Teilturbine *HD* kann sich axial in Richtung $-x$ geführt dehnen innerhalb des Gehäuselagers *g6.4*, siehe Fig. 7. Man kann vereinfachend die beiden achsnormalen Referenzebenen der zweiten Art, nämlich $(y-x)_{11}$ und $(y-z)_{12}$, zu einer gemeinsamen zweiten achsnormalen Referenzebene $(y-x)_1$ zusammenfassen, wie es in Fig. 2A und Fig. 6 verdeutlicht ist, um damit zu demonstrieren, daß diese zweite resultierende achsnormale Referenzebene praktisch mit der ersten achsnormalen Referenzebene $(y-z)_0$ für die axiale Wellendehnung zusammenfällt. Aus diesem Grunde dehnen sich der Wellenstrang *W* und die Gehäuseflucht *md-nd-nd* von der ersten und der zweiten achsnormalen Referenzebene als Fixpunkt ausgehend in Richtung $+x$ in gleichem Sinne und naturgemäß auch in Richtung $-x$ im gleichen Sinne, wobei hier jedoch die Dehnungslänge wesentlich kürzer ist, weil davon nur die Hochdruck-Teilturbine *HD* mit ihrem Gehäuse *hd* und der zugehörigen Wellenstrecke betroffen ist. Zusammengefaßt hat dieses Gehäuse- und Wellen-Lagerungsprinzip den Vorteil, daß die Wellen- und Gehäuseverschiebung auf praktisch gleicher axialer Dehnlänge und in der gleichen Richtung $+x$ bzw. $-x$ unter Erzielung minimaler Axialspiele zwischen einander benachbarten Lauf- und Leitschaukelkränzen erfolgt. Letztere sind aus Fig. 11 erkennbar und dort beispielhaft für die letzte Beschaukelungsstufe mit 17 (Laufschaukelkranz) und 18 (Leitschaukelkranz) bezeichnet. Das Axialspiel zwischen diesen beiden Schaukelkränzen ist mit Δx_1 bezeichnet.

Erfindungsgemäß ist nun die geschilderte Schubübertragung mittels der Kupplungsstangen 14 in den Bereich schubübertragender Turbinenlager *g6.2* und *g6.3* gelegt (siehe insb. Fig. 3, Fig. 4, Fig. 8 und Fig. 9). Hier ist die vakuumdichte Durchführung der Kupplungsstangen 14 baulich vereinigt mit einer horizontal wärmebeweglichen Prätzenlagerung des Innengehäuses 2 der Niederdruck-Teilturbinen *ND1* und *ND2* an Prätzenarmen 19, vgl. dazu auch Fig. 2B und Fig. 10. Aus den genannten Figuren erkennt man, daß sich die Prätzenarme 19 des Innengehäuses 2 in wellenachspareller Richtung erstrecken, also parallel zur Richtung x , und mit gleitfähigen Trag- und Führungsflächen 19.1, 19.2 an den korrespondierenden Gegenflächen 20.1, 20.2 von festen Auflagern des zugehörigen Lagergehäuses 21 gelagert und geführt sind.

Hierzu sind die Lagergehäuse 21, vgl. insb. Fig. 2A, 2B 4, 5 und 8 bis 10, von feststehenden, auf Fundamentriegeln *fr* verankerten Konsolen 21.0 der Lagergehäuse 21 gebildet, deren Ankerschrauben mit 22 bezeichnet sind.

Im Bereich der genannten schubübertragenden Turbinenlager 6.2, 6.3 bzw. Gehäuselager *g6.2*, *g6.3* sind die Kupplungsstangen 14 mit den Prätzenarmen 19 kraftschlüssig gekuppelt, siehe Kupplungsstellen 23. Die generell mit 24 bezeichneten Durchführungen durch die

betroffenen Stirnwände 15 der Außengehäuse *nd* zum einen für die kraftschlüssige Verbindung Kupplungsstange 14 — Pratztenarm 19 und zum anderen für den Lagereingriff des Pratztenarms 19 an den Trag- und Führungsflächen 20.1, 20.2 der festen Auflager ist jeweils in einem gemeinsamen, mit dem Abdampfraum 2.0 (vgl. Fig. 10 und 11) der Niederdruck-Teilturbine *ND1* bzw. *ND2*, kommunizierenden Vakuumraum angeordnet, welcher zur Außenraum mittels der Membrandichtungen 16 jeweils abgedichtet ist, vgl. hierzu insb. Fig. 4 und Fig. 8.

Die Membrandichtung 16 ist, wie man es aus der Querschnittsdarstellung kennt, als Dehnungsbalg mit in Axialrichtung *x* biegeweicher und auch in achsnormaler Richtung (eine beliebige Richtung in der *y*-*x*-Ebene) begrenzt verformbarer Doppelwand 16.1 (Außenwand) und 16.2 (Innenwand) ausgebildet. Die Innenwand 16.2 ist mit zwei Dehnungsfalten 25, je eine an je einem Ende der Innenwand 16.2, ausgebildet. Die Außenwand 16.1 kann biegesteifer sein und ist deshalb mit einer etwas stärkeren Wand ausgebildet. Außen- und Innenwand 16.2, 16.2 der Dichtungsmembrane 16 sind mit je einem Ringflansch 26.1, 26.2 versehen. Mit dem äußeren Ringflansch 26.2 ist die Dichtungsmembran 16 an einer Stirnfläche 15.1 der Außengehäuse-Stirnwand 15, und zwar auf deren Innenseite, vakuumdicht angeschraubt, und mit dem inneren Ringflansch 26.2 ist die Dichtungsmembran 16 an einer Ringschulter 27 des axial vorkragenden Tragarms 21.1 der Lagergehäuse-Konsole 21 vakuumdicht festgeschraubt. Es werden also 2 Ringsitzpaarungen, nämlich 26.1-15.1 und 26.2-27, gebildet, deren Spannschrauben mit 28 bezeichnet sind. Die Dichtung kann durch metallisch satte Anlagen erfolgen oder mittels Dichtungszwischenlagen zwischen den aufeinandergepreßten Ringsitzen (nicht näher bezeichnet); diese Zwischenlagen können aus plastisch verformbarem Metall, Klingerit oder einem alterungs- und temperaturbeständigem Kunststoff bestehen. Auf die äußeren Partien der Dichtungsmembran — Wand 16.1, 16.2 lastet der Außendruck, während ihr Innenraum 2.01 mit dem Vakuum- bzw. Abdampfraum 2.0 der zugehörigen Niederdruck-Teilturbine kommuniziert. Zu den weiteren Teilräumen, die mit diesem Raum 2.0 kommunizieren, gehören der Kupplungskanal 2.02, durch welchen die Kupplungsstange 14 hindurchgeführt ist, und die Spannschloß-Kammer 2.03, die weiter unten noch erläutert wird (Fig. 4).

Aus Fig. 8 in Verbindung mit Fig. 10 erkennt man, daß das Innengehäuse 2 der Niederdruck-Teilturbinen *ND* axial geteilt ist, und zwar in der axialen Teilfuge 29, die mit der horizontalen Achsebene *x*-*z* des Turbosatzes zusammenfällt. Das Oberteil ist mit 2.1, das Unterteil mit 2.2 bezeichnet. Letzteres weist an seinen beiden Enden je zwei, beidseits der vertikalen Achsebene *x*-*y* symmetrisch und in wellenachspareller Richtung hervorkragende Pratztenarme 19 auf, die bereits erwähnt wurden, welche im Bereich oder kurz unterhalb der axialen Teilfuge 29 und damit im oder nahe dem Bereich des größten Innengehäuse-Durchmessers *D*₂ angeordnet sind.

Fig. 4, 5 und 8 zeigen in Seitenansicht und Fig. 10 in Draufsicht, daß sich von den Konsolen 21.0 der Lagergehäuse 21 Tragarme 21.1, und zwar paarweise — symmetrisch auf jeder Stirnseite der Lagergehäuse 21 — in Flucht zu den Pratztenarmen 19 sich diesen jeweils durch die Außengehäuse-Stirnwand 15 hindurch entgegenstrecken und an ober- und unterseitigen gleitfähigen Trag- und Führungsflächen 20.1, 20.2, welche an den

Tragansätzen 20 der Tragarme 21.1 angeordnet sind, von den Pratztenarm-Enden mit durch maulförmige Ausnehmungen 19.3 gebildeten Vorsprüngen 30.1 (oberer Vorsprung) und 30.2 (unterer Vorsprung) über- und untergriffen werden. Der obere Vorsprung 30.1 weist an seiner Unterseite die schon erwähnten Trag- und Führungsflächen 20.1 auf, der untere Vorsprung 30.2 an seiner Oberseite die Trag- und Führungsflächen 19.2. Der untere Vorsprung 30.2 ist als winkliges Einsatzstück ausgeführt, welches in eine entsprechende winkelförmige Aussparung 19.4 an der Unterseite des Tragarms 19 eingepaßt und darin durch Bolzen 31, insb. Dehnschrauben, festgeschraubt ist. Da der untere Vorsprung 30.2 des Tragarms 19 keine Tragfunktion, sondern nur Führungsfunktion hat, ist dies zulässig und sinnvoll. Zu den Trag- und Führungsflächen gehören auch generell mit 32 bezeichnete Justier- und Gleitbeilagen, welche zwischen der Oberseite des Tragansatzes 20 und der Unterseite 19.1 des oberen Vorsprungs 30.1 eingefügt sind bzw. die zwischen der Oberseite des unteren Vorsprungs 30.2 des Tragarms 19 und der Unterseite des Tragansatzes 20 eingefügt sind. Dieser Gleitsitz zwischen den Tragansätzen 20 der Tragarme 21.1 und den Vorsprüngen 30.1, 30.2 der Pratztenarme 19 gestattet eine horizontal-wärmebewegliche Führung der Innengehäuse 2 an den Tragarmen 21.1, d. h. eine Gleitbewegung in axialer Richtung *x* und in einer Ebene, die planparallel zur horizontalen Achsebene *x*-*z* verläuft, wenn das Innengehäuse 2 auf grund der Erwärmung sich radial-zentrisch wärmebeweglich dehnt oder bei Abkühlung entsprechend schrumpft.

Insbesondere aus Fig. 4 und Fig. 8 entnimmt man auch, daß die Kupplungsstangen 14 die Konsolen 21.0 und deren Tragarme 21.1 achsparallel zur und oberhalb der Flucht der Tragansätze 20 des betreffenden Turbinenlagers 6.2 oder 6.3 in den schon erwähnten Kupplungs-Kanälen 2.02 durchdringen und daß das jeweilige Pratztenarmende, d. h. sein Vorsprung 30.1 oberhalb der maulförmigen Aussparung 19.3 jeweils mit den Enden der Kupplungsstange 14 kraftschlüssig gekuppelt ist. Eine günstige Bauform ist dabei die, daß die Kupplungsstangen 14 jeweils mit einem Gewinde-Ende 14.1 in ein Gewinde-Sackloch 30.2 des Vorsprungs 30.1 der Pratztenarme 19 eingeschraubt sind, welches Gewinde-Sackloch 30.2, wie erkennbar, oberhalb der maulförmigen Ausnehmung 19.3 in dem als Anker-Vorsprung dienenden Vorsprung 30.1 eingelassen ist. Die in Fig. 8 dargestellte Bauform der Kupplungsstange weist für das Gewinde-Ende 14.1 einen verstärkten Kopf auf, dieser Kopf ist zur Seite des Schaftes der Kupplungsstange 14 hin ausgekehlt, so daß damit ein Gewinde gleicher Festigkeit, dessen Außengewindegänge weitgehend gleichmäßig tragen, erzielt wird. In den Fig. 3 und 4 ist demgegenüber eine einfacherere Ausführung der Kupplungsstange 14 gezeigt, deren Schaft dort im Durchmesser sogar etwa größer ist als ihr Kopf 14.1.

Aus den Fig. 4, 5 und 8 sowie 10 ist ersichtlich, daß die Tragarme 21.1 mit ihren Kupplungs-Kanälen 2.02 und -Stangen 14 durch eine kreisförmige Öffnung mit dem Innendurchmesser bzw. der lichten Weite *D*₃ in der Stirnwand 15 des jeweils angrenzenden Außengehäuses *nd* mit Spiel 32 (entsprechend einem Ringspalt) hindurchgeführt sind und daß der durch das Spiel 32 gebildete Ringraum als Aufnahme- und Membrandichtung 16 dient. Bei noch nicht aufgesetzter Außengehäuse-Haube *nd1* ist zu dieser Membrandichtung 16 zum Zwecke der Montage oder Demontage also eine gute Zugänglichkeit gegeben.

Fig. 9 zeigt, daß die Tragarme 19 einen kreisförmigen Grundquerschnitt aufweisen und daß daran angepaßt der Tragansatz 20 den Teil eines Kreisquerschnittes, und zwar eine Kreisquerschnittzone, bildet. Der Tragarm 21.1 selbst hat dann ebenfalls einen kreisförmigen Grundquerschnitt; er ist mit diesem kreisförmigen Grundquerschnitt durch das Zentrum der im wesentlichen hohlzylindrischen Membrandichtung 16 hindurchgeführt. Der Grundquerschnitt des Pratzensarmes 19 innerhalb des Vakuumraumes 2.0 könnte auch elliptisch sein (wenn auch die Kreisform für die Bearbeitung auf Drehmaschinen günstiger ist); wesentlich ist, daß durch die kreisförmige oder elliptische Außenkontur ein geringer Strömungswiderstand in bezug auf die im Vakuumraum 2.0 herrschende Dampfströmung gegeben ist.

Fig. 4 und — teilweise — Fig. 3 zeigen, daß die Kupplungsstangen 14 durch Spannschlösser 33 längenveränderbar sind und der Kupplungs-Kanal 2.02 in einem von oben zugänglichen Bereich der Lagergehäuse-Konsolen 21.0 zu der schon erwähnten Spannschloß-Kammer 2.03 erweitert ist, welche letztere durch einen Dichtungsdeckel 33.1 vakuumdicht abschließbar ist. Der Spannschloß-Körper 33.0 hat im wesentlichen hohlzylindrische Gestalt, er weist an seinen beiden Enden je eine Gewinde 33.2 auf, wovon das eine ein Links- und das andere ein Rechtsgewinde ist. In der Mitte des Spannschloß-Körpers sind Radialbohrungen 33.3 kreuzförmig angeordnet, die zum Ansetzen von Spannwerkzeug (z. B. Einsteckstiften) dienen. Durch Drehen des Spannschloßkörpers 33.0 in der einen Drehrichtung kann das Spannschloß 33 gelockert, durch Drehen in der anderen Richtung gespannt werden, so daß die axiale Länge der aus den einzelnen Kupplungsstangenteilen bestehenden Kupplungsanordnungen veränderbar und an die Montagelage der einzelnen Teilturbinen anpaßbar ist. Die einmal einjustierte Kupplungsstangenlänge wird dann durch die Kontermuttern 34 fixiert. Aus Fig. 2B erkennt man die Zugänglichkeit zum Spannschloß 33 von oben.

Wie bereits grundsätzlich erläutert, ist bei dem dargestellten Turbosatz die erste achsnormale Referenzebene $(y-z)_0$ und die zweite achsnormale Referenzebene $(y-z)_1$ in das Turbinenlager 6.1 zwischen Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine HD bzw. MD gelegt. Zu diesem Zweck sind Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine HD, MD mit ihren Tragpratzen-Paaren P_{12} bzw. P_{21} an diesem Referenzlager 6.1 bzw. an dem entsprechenden Gehäuselager $g_{6.1}$ im Bereich ihrer horizontalen Achsebenen 35.0 (Teilturbine HD) und 9.0 (Teilturbine MD) axial fest, jedoch horizontal und radial-zentrisch wärmebeweglich gelagert. Die horizontalen Achsebenen 35.0 und 9.0 fallen mit der gesamten horizontalen Achsebene $x-z$ des Turbosatzes zusammen. Von den Tragpratzen-Paaren der Teilturbinen HD und MD sieht man in Fig. 1A, Fig. 2A und Fig. 6 jeweils nur die eine Tragpratze P_{12} bzw. P_{21} ; die jeweils andere Pratze des Paares ist spiegelsymmetrisch bezüglich der vertikalen Achsebene $x-y$ angeordnet zu denken. Die besondere Art der Tragpratzen-Ausbildung und -Lagerung der Teilturbinen HD, MD ist in der am 27.06.1985 eingereichten Patentanmeldung P 35 22 917.9 (VPA 85 P 6063) desselben Anmelders näher erläutert; eine Erläuterung wird daher im Rahmen dieser Anmeldung nur insoweit gegeben, als für das Verständnis der Erfindung von Bedeutung. Die generell mit P bezeichneten Tragpratzen haben jeweils einen blockförmigen, stufenförmig nach oben abgesetzten Rücksprung 37. Das Lagergehäuse 21 ist an seinem kräftig ausgebildeten

deckseitigen Tragflansch 21b mit einer Vertiefung 38 zur Aufnahme des Ansatzes 36 und mit einer daran axial angrenzenden stufenförmigen Randerhebung 39 zum Eingriff in den Rücksprung 37 der Tragpratze P versehen. In die Spalte, die zwischen der Randerhebung 39 und dem Rücksprung 37 verbleiben, sind Gleit- und Justierbeilagen eingefügt, die die entstehenden Vertikalspalte ausfüllen und mit 40a bezeichnet sind und welche die entstehenden bzw. verbleibenden Axialspalte ausfüllen und mit 40b bezeichnet sind. Letztere sind zu beiden Seiten der Randerhebungen 39 angeordnet, d. h. auf ihrer in Richtung +x weisenden Seite und auf ihrer in Richtung -x weisenden Seite, und legen somit die jeweilige Tragpratze bzw. das Tragpratzenpaar P_{12} bzw. P_{21} axial fest, während die Gleit- und Justierbeilagen 40a der Höherjustierung, insb. der Ausrichtung der horizontalen Achsebene der Teilturbine HD bzw. MD auf die Soll-Lage in Übereinstimmung mit der gesamten horizontalen Achsebene $x-z$ des Turbosatzes bringen. In Fig. 6 ist mit 21a noch eine kräftige Boden- bzw. Ankerplatte des Lagergehäuses bezeichnet, die mit Ankerbolzen 41 am Fundamentriegel fr befestigt ist. 21c sind in x-Richtung weisende Stirnwände des Lagergehäuses, die zwischen dem deckseitigen Tragflansch 21b und der Ankerplatte 21a eingeschweißt sind, 21d ist die zum Betrachter weisende eine Seitenwand. 42 ist ein Sicherungsriegel, der paarweise pro Gehäuselager $g_{6.1}$ zu beiden Seiten der vertikalen Achsebene angeordnet ist und dazu dient, die Tragpratzen P_{12} , P_{21} der Teilturbinen gegen Abhebe-Kräfte und -Momente zu sichern, und der mit kräftigen Ankerschrauben 43, ausgeführt als Dehnschrauben, an den Tragflanschen 21b befestigt ist.

Hochdruck- und Mitteldruck-Teilturbine HD, MD sind an ihren dem Referenzlager 6.1 abgewandten Enden mit Tragpratzen-Paaren P_{11} - P_{11} bzw. P_{22} - P_{22} (auch hierbei ist nur je eine Tragpratze der Tragpratzenpaare ersichtlich) jeweils axial- und radial-zentrisch-wärmebeweglich an den zugehörigen Turbinenlagern 6.4, 6.2 bzw. Gehäuselagern $g_{6.4}$, $g_{6.2}$ gelagert. Auch hierbei sind die Tragpratzen P_{11} , P_{22} mit stufenförmigen Ansätzen 36 und Rücksprüngen 37 sowie die Tragflanschen 21b mit Vertiefungen 38 und Randerhebungen 39 versehen; nur ist es so, daß die Vertiefungen 38 größer bzw. weiter sind, so daß axial Spalträume 44 für eine freie Axialbewegung der stufenförmigen Ansätze 36 der Tragpratzen freibleiben, weshalb auch die in Richtung +x und in Richtung -x weisenden Stirnseiten der Randerhebungen 39 nicht entsprechenden Paßkeilen oder Justierbeilagen 40b versehen sind; es sind nur die für die Höherausrichtung erforderlichen Justierbeilagen 40a eingefügt. Die Sicherungsriegel, welche die Abhebe-Kräfte und -Momente der Tragpratzen P_{11} , P_{22} aufnehmen, sind hier mit 42.1 bezeichnet. Ihre Axialerstreckung ist kleiner als die der Sicherungsriegel 42, weil letztere für ein doppeltes Gehäuselager verwendet sind.

Die axial geführte Schiebe- und Gleit-Bewegung des in Richtung x weisenden Gehäuse-Endes der Teilturbine MD wird, wie es Fig. 3 zeigt, durch die erste der Kupplungsstangen 14 und ein Spannschloß 33 auf das Innengehäuse 2 der axial benachbarten Teilturbine ND1 übertragen. Zu diesem Zweck ist die Teilturbine MD, d. h. ihr Gehäuse md mit einem Verankerungsstellenpaar versehen, von denen die eine Verankerungsstelle 45 nach Fig. 3 auch aus Fig. 2A ersichtlich ist. Dabei ist es für die aus Fig. 1A und 2A ersichtliche Bauform der Teilturbine MD mit zwei unterhalb der horizontalen Achsebene 9.0 ihres Gehäuses md seitlich abgehenden Abdampfstutzen md5 besonders günstig, wenn die Ver-

ankerungsstellen 45 an Fortsätzen 46 der Abdampfstutzen *md* angeordnet sind, welche Fortsätze sich fluchtend zu den Kupplungsstangen 14 und Pratzearmen 19 des Innengehäuses 2 der benachbarten Niederdruck-Teilturbine *ND1* und symmetrisch beiseits der vertikalen Achsebene *x-y* erstrecken. Der Kupplungskanal 2.02 der Kupplungsstangen 14 ist zur Seite der Niederdruck-Teilturbine *MD* hin durch eine Dichtungsmanchette 47 abgedichtet, welche ersichtlich das aus dem Kupplungskanal 2.02 herausragende Ende 14.2 der Kupplungsstange 14 umgibt und an ihrem einen Ende mit dem Öffnungsrand 48 des Kupplungskanals 2.02 sowie an ihrem anderen Ende mit einem die Verankerungsstelle 45 am Fortsatz 46 umgebenden Ringkragen 49 vakuumdicht verbunden ist.

Mit 50 sind in Fig. 2A und 2B generell sogenannte Mittenföhrungen für die Gehäuse *hd*, *md* und *nd* der einzelnen Teilturbinen bezeichnet, welche die Aufgabe haben, die einzelnen Teilturbinengehäuse in axialer Flucht zueinander und koaxial zur Wellenachse *x* zu halten und bei Wärmebewegung zu föhren. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll auf die Mittenföhrungen für die Gehäuse *hd* und *md* ist die Mittenföhrung näher beschrieben in der schon erwähnten Anmeldung P 35 22 917.9 (VPA 85 P 6063) vom 27.6.1985 desselben Anmelders. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung interessiert nur die Mittenföhrung 50.1, 50.2, 50.3 (Fig. 2A, 2B) für die Innengehäuse 2, weil diese in bezug auf die Anordnung und Ausbildung der Membrandichtung ähnlich bzw. gleichartig ist derjenigen, wie sie anhand der Membrandichtung 16 bereits beschrieben wurde. Man erkennt aus Fig. 11 und 12, daß das Innengehäuse 2 der Niederdruck-Teilturbine *ND1* an seinen beiden Enden und in seinem unteren Bereich dort, wo die Ausströmquerschnitte 3/I und 3/II der Diffusoren 1.1 und 1.2 nach unten münden (dieser Bereich liegt zugleich im Bereich der vertikalen Achsebene *x-y*), mit der Traggitterkonstruktion 2.3 des Innengehäuses 2 verbundene axiale Föhrungsbolzen 51 vorgesehen sind, welche (vgl. den Schnitt nach Fig. 13) mit vertikalen Föhrungsflächen 51.1 und daran befestigten Gleitbeilagen 52 in Gleit- und Föhrungseingriff stehen mit dem im wesentlichen einen Rechteckquerschnitt aufweisenden Föhrungssporn 53.1 einer mit den axialen Föhrungsbolzen 51 koaxialen Föhrungsstange 53. Diese ist mit ihrer Achse 53.0 innerhalb des Fundamentriegels *fr* (oder einer anderen geeigneten Fundamentkonstruktion) genau auf die vertikale Achsebene *x-y* und horizontal ausgerichtet, so daß sie achsparallel zur Wellenachse *x* verläuft, wobei diese Achse 53.0 wiederum fluchtet mit der Achse 51.0 des jeweiligen Föhrungsbolzen 51 des Innengehäuses, wie es Fig. 12 zeigt. Im Falle der Mittenzentrierung 50.2 (vgl. Fig. 2B) ist anzumerken, daß diese eine Doppel-Mittenzentrierung ist, bei welcher die Föhrungsstange 53 in beide Richtungen $-x$ und $+x$ aus dem Fundamentriegel *fr* mit ihren Föhrungssporen 53.1 herausragt und in die Ausnehmung 54 faßt (vgl. Fig. 13), welche durch die beiden gabelartigen Föhrungsvorsprünge 51.2 des Föhrungsbolzens 51 gebildet und durch die planparallelen Paßfedern 51.2 in Verbindung mit den Paßstücken in Form der Föhrungs- und Gleitbeilagen 52 begrenzt sind (die zweite, spiegelbildliche Hälfte der Doppel-Mittenzentrierung 50.2 ist in Fig. 12 nicht dargestellt).

Wie es der Querschnitt aus Fig. 13 erkennen läßt, ist der Grundquerschnitt des Föhrungsbolzens in dem Bereich des Auslaßdiffusors 1.2 (vgl. Fig. 11) kreisförmig. Die Kreisform wird im Bereich des Föhrungssporns 53.1

durch ein kreissegmentförmiges Abdeckstück 55 erreicht, welches erst nach dem Einsetzen des Innengehäuse-Unterteils 2.2, wenn also die gabelartigen Vorsprünge 51.2 den Föhrungssporn 53.1 umgreifen, aufgesetzt wird. Diese Querschnittsform ist strömungsgünstig und bedeutet bei den großen zur Verfügung stehenden Auslaßquerschnitten, daß keinerlei zusätzliche Auslaßverluste festzustellen sind.

Fig. 11 und Fig. 12 zeigen, daß die jeweilige Föhrungsstange 53 das Außengehäuse, d. h. eine Stirnwand 15 desselben, im unteren Bereich der Diffusor-Außenwand 13 mit Spiel 56 in einer zylindrischen, durch die Zylinderwand 57.1 begrenzten Öffnung 57 durchdringt, wobei der durch das Spiel 56 gebildete Ringraum als Aufnahmeaum für eine weitere Dichtungsmembran 58 dient, welche die Föhrungsstange 53 konzentrisch umgibt und einerseits mit dem Außengehäuse *nd*, andererseits mit der Föhrungsstange 53 vakuumdicht verbunden ist. Hierzu sind ein innerer Ringflansch 58.1 der weiteren Dichtungsmembran 58 mit einer Ringschulter 53.2 der Föhrungsstange 53 unter Zwischenschaltung eines Dichtungsringes 59 einerseits und ein äußerer Ringflansch 58.2 der weiteren Dichtungsmembran mit einer Ringsitzfläche 60 auf der Innenseite der Außengehäusestirnwand 15 vakuumdicht verbunden. Die Ringsitzfläche 60 ist an einer Stirnseite der Durchföhrungs-Zylinderwand 57.1 angeordnet, welche mit dem Innenumfang der die Öffnung 57 begrenzenden Ausnehmung in der Außengehäuse-Stirnwand 15 im allgemeinen und der Diffusorwand 13 im besonderen verschweißt ist. Die Föhrungsstange 53 ist mittels Ortbeton 61 und eines entsprechenden Mauerrohres 62 in dem Fundamentriegel *fr* bzw. einem anderen geeigneten Fundamentteil vergossen und dadurch eindeutig fixiert; der Föhrungsbolzen 51 ist mit der Gitterkonstruktion des Innengehäuses 2 durch Dehnschrauben fest verschraubt, deren Achsen bei 63 angedeutet sind.

Zu diesem Zweck sind entsprechende plane Paßflächen 64 zwischen dem Föhrungsbolzen 51 und der Gitterkonstruktion des Innengehäuses 2 vorgesehen. Auch bei der Mittenföhrung nach Fig. 11 bis 13 ragt die Föhrungsstange 53 durch die Außengehäuse-Stirnwand 15 hindurch in den Vakuumraum hinein, was einerseits für Montage und Justierung günstig ist, andererseits die Gefahr der Verschmutzung durch Staubteile von außen ausschließt.

In Fig. 5 ist noch eine Kupplungsstangen-freie Lagerung der Pratzearme 19 eines Innengehäuses 2 gezeigt, welche zum Turbinenlager 6.5 bzw. dem Gehäuselager 6.5 (Fig. 2B) gehört. Da keine weitere Niederdruck-Teilturbine axial sich an die Teilturbine *ND2* im dargestellten Ausführungsbeispiel anschließt, entfällt auch die Notwendigkeit der Schubübertragung; vielmehr genügt die axial und horizontal wärmebewegliche Lagerung der Pratzearme 19 an den entsprechenden Ansätzen 20 der Tragarme 21.1. Auch hier ist die Durchföhrungsstelle mit einer Dichtungsmembran 65 (der dritten Art) abgedichtet, welche gleichartig ausgebildet ist wie die Dichtungsmembran erster und zweiter Art 16 bzw. 58. Der innere Ringflansch 65.1 ist wieder an einer Ringsitzfläche 66 des Tragarms 21.1 vakuumdicht mittels geeigneter, nicht näher bezeichneter Flanschschrauben befestigt, der äußere Ringflansch 65.2 auf entsprechende Weise an einer Ringsitzfläche 660 an der inneren Stirnseite einer die Durchföhrung durch die Außengehäuse-Stirnwand 15 begrenzenden Zylinderwand 67, welche, wie auch bei den übrigen Durchföhrungen *n* der Tragarme und Föhrungsstangen, dichtend mit dem Innenum-

fang der entsprechenden Stirnwandpartien verschweißt ist.

Die Ausbildung der Tragarm-Durchführung und Abdichtung nach Fig. 5 wäre sinngemäß bei dem Turbinenlager 6.2 auf der Seite der Niederdruck-Teilturbine *ND1* zu verwenden im Falle, daß die erste und die zweite achsnormale Referenzebene zur Definition der Fixpunkte der axialen Wellen- und Gehäuse-Dehnung in dieses Turbinenlager 6.2 gelegt würden. In diesem Falle müßte der Ansatz 20 mit entsprechenden Paßkeilen, Justierbeilagen o. dgl. so versehen werden, daß ein Schieben an diesem Ansatz in Richtung $+x$ und $-x$ verhindert wäre, d. h., es wäre eine sinngemäße axiale Fixierung vorzunehmen, wie für die Tragpratzen P_{12} bzw. P_{21} der Teilturbine *HD* bzw. *ND*. Bei einer solchen Anordnung würde die Schubübertragung mittels der Kupplungsstangen 14 erst an der in Fig. 2B rechten Seite der Niederdruck-Teilturbine *ND1* beginnen oder mit anderen Worten, das Turbinenlager 6.3 wäre, wie in Fig. 2B und Fig. 4 dargestellt, ausgebildet, lediglich die Schubstangen-Anordnung auf der linken Seite der Teilturbine *ND1* entfielen. In diesem Falle müßten aber innerhalb des Turbinenlagers 6.1 bzw. des Gehäuselagers *g6.1* die Pratzenlagerungen für die Mitteldruck- und die Hochdruck-Teilturbine *MD* bzw. *HD* mit axialer Verschiebungsmöglichkeit ausgebildet sein, dagegen im Bereich des Turbinenlagers 6.2 wäre für die Tragpratzen P_{22} jeweils ein axialer Fixpunkt anzuordnen, weil dieses Turbinenlager 6.2 dann auch das Druck- bzw. Axial-Lager enthält. Die Kupplung der ausgehend vom Turbinenlager 6.2 axial in Richtung $-x$ schiebenden Gehäuse der Teilturbine *MD* und *HD* miteinander müßte dann durch (nicht dargestellte) Kupplungsstangen oder Schubstangen erfolgen, die allerdings nicht durch einen Dampfraum der Turbinen zu führen wären, sondern durch den Außenraum, wie es die eingangs zitierte Literaturstelle aus VGB Kraftwerkstechnik 53 auf S. 882 in Bild 11 beispielsweise zeigt.

Erwähnt sei noch, daß die Pratzenarme 19 der Innengehäuse 2 an deren Tragitterkonstruktion an mehreren Verschraubungsstellen 68 und unter entsprechendem gegenseitigem Tragflächeneingriff festgeschraubt sind (vgl. Fig. 8 und Fig. 10). Hierbei ist naturgemäß auch eine Schweißverbindung möglich, ebenso wie bei der Befestigung der Führungsbolzen 51 am Innengehäuse 2 nach Fig. 12. Aus Fig. 10 erkennt man links eine hinsichtlich Lage und Ausbildung etwas abgeänderte Dichtungsmanschette 47 für die Kupplungsstange 14, die in diesem Falle — da eine gute Zugänglichkeit von außen besteht — mit dem Spannschloß 33 kombiniert werden könnte.

55

60

65

- Leerseite -

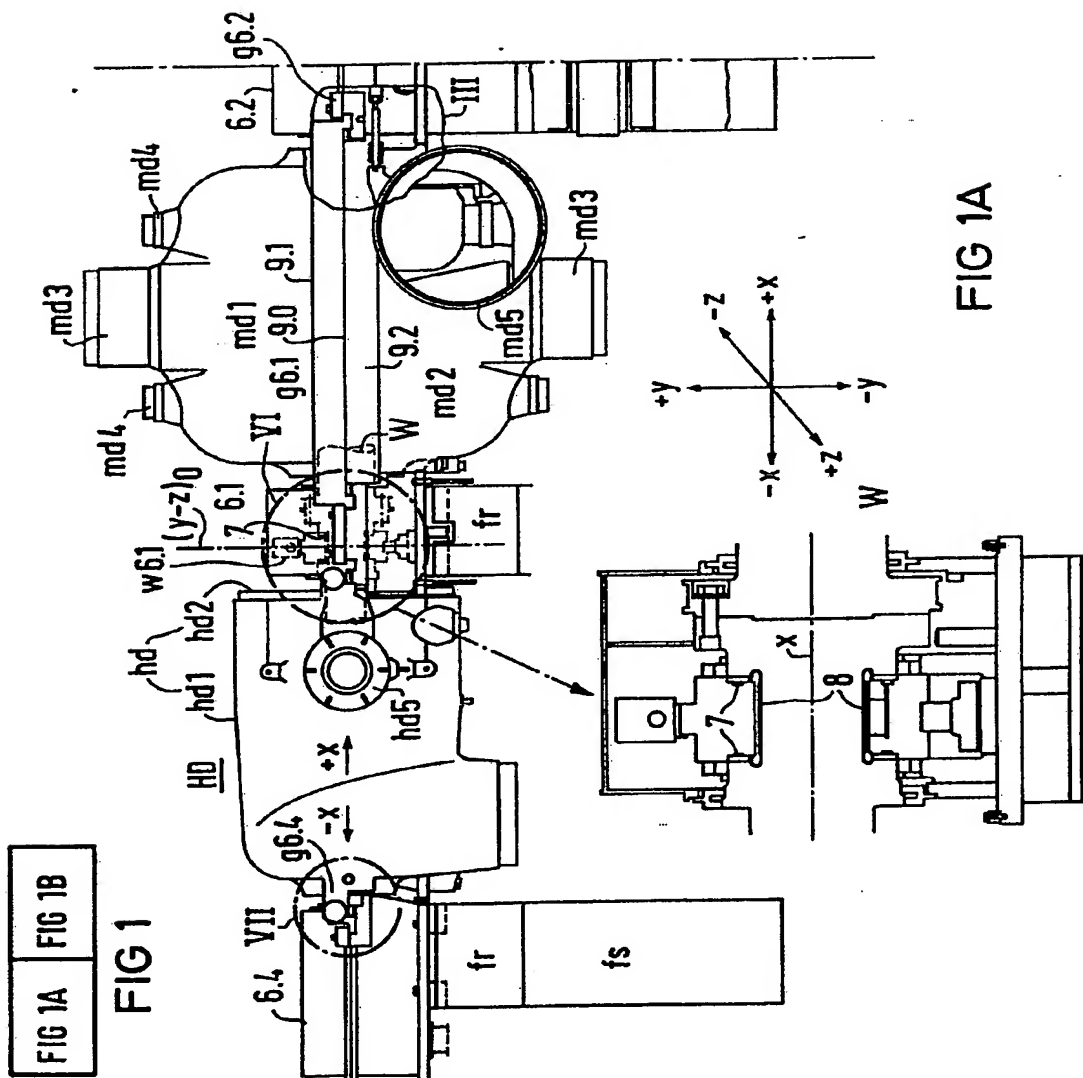
35 22 916

F 01 D 25/28

27. Juni 1985

8. Januar 1987

1 / 16



ORIGINAL INSPECTED

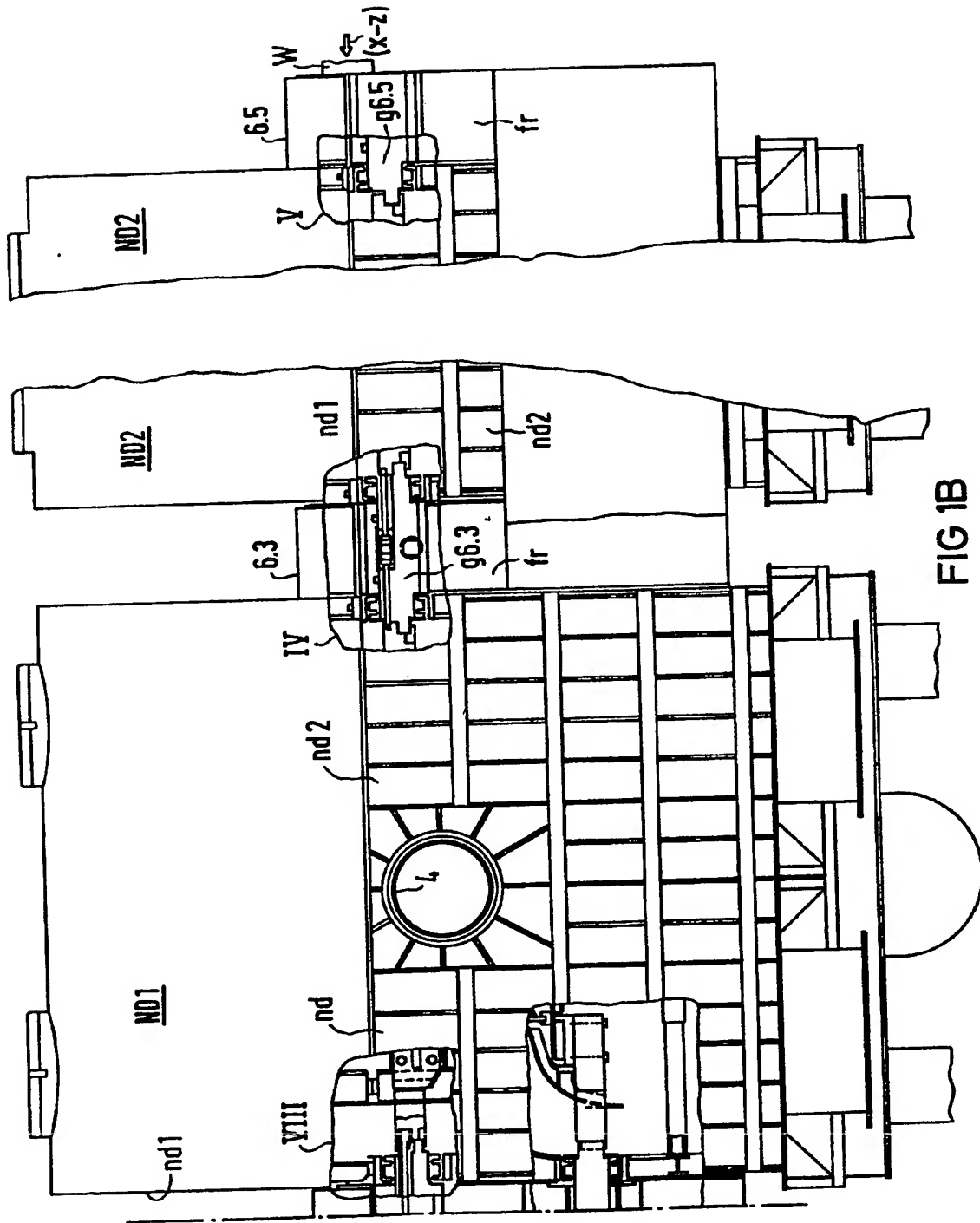


FIG 1B



4/16

85 P 6065

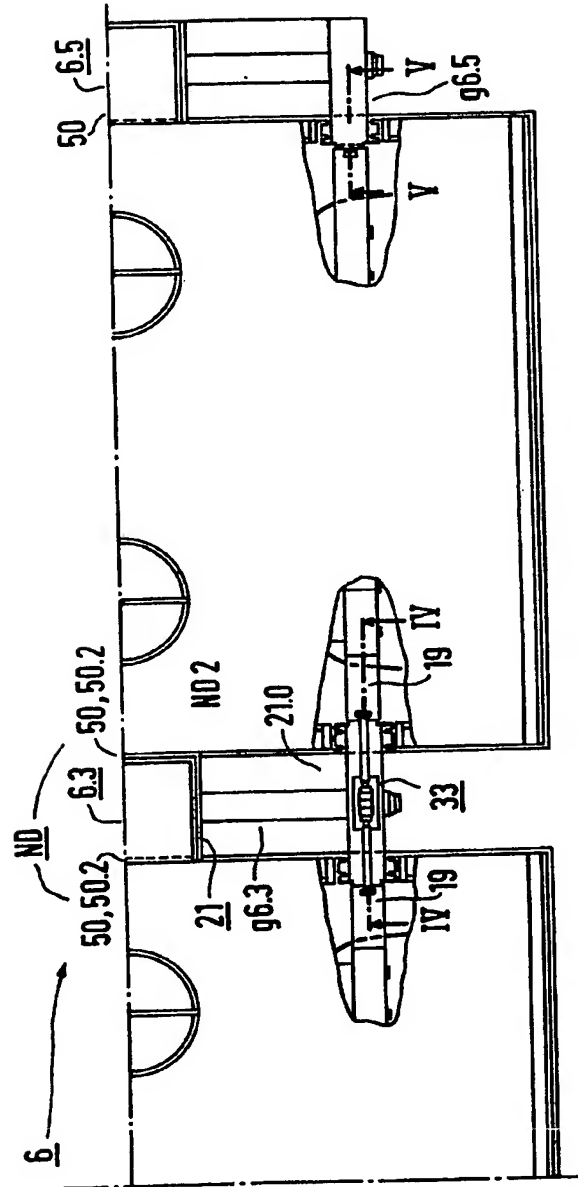


FIG 2B

ORIGINAL INSPECTED

5/16

85 P 6065

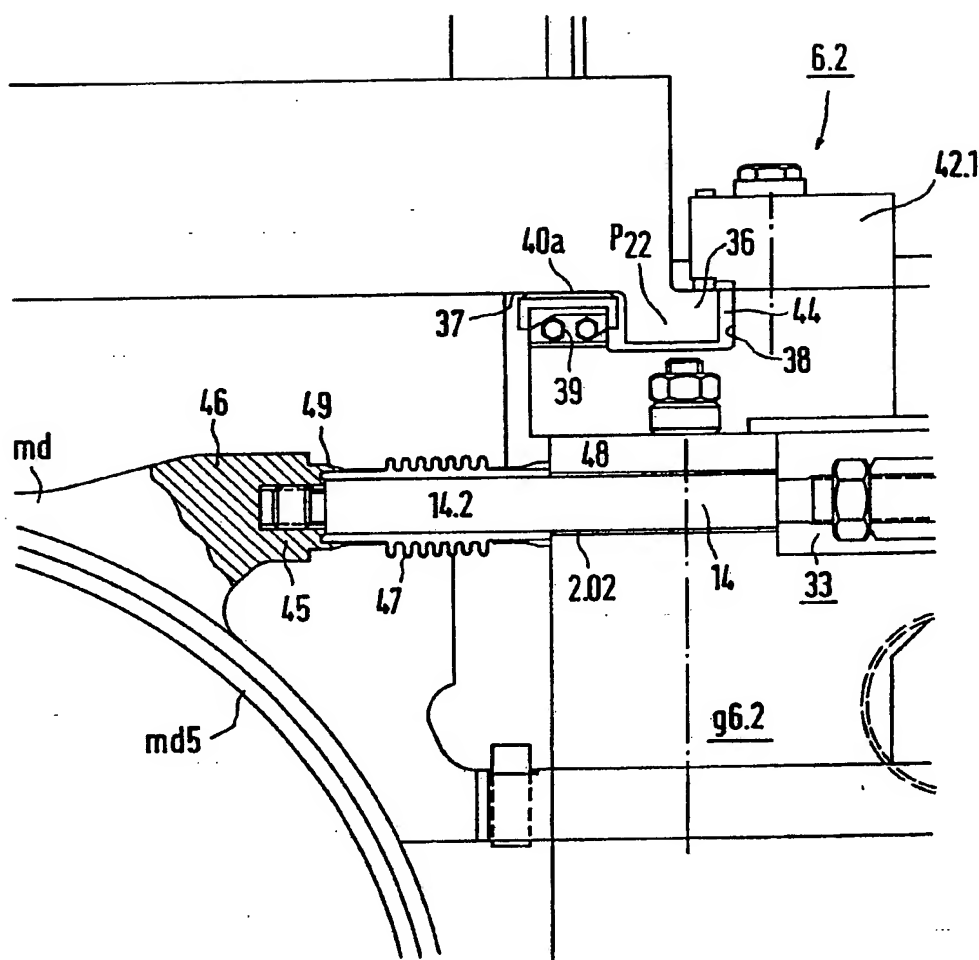
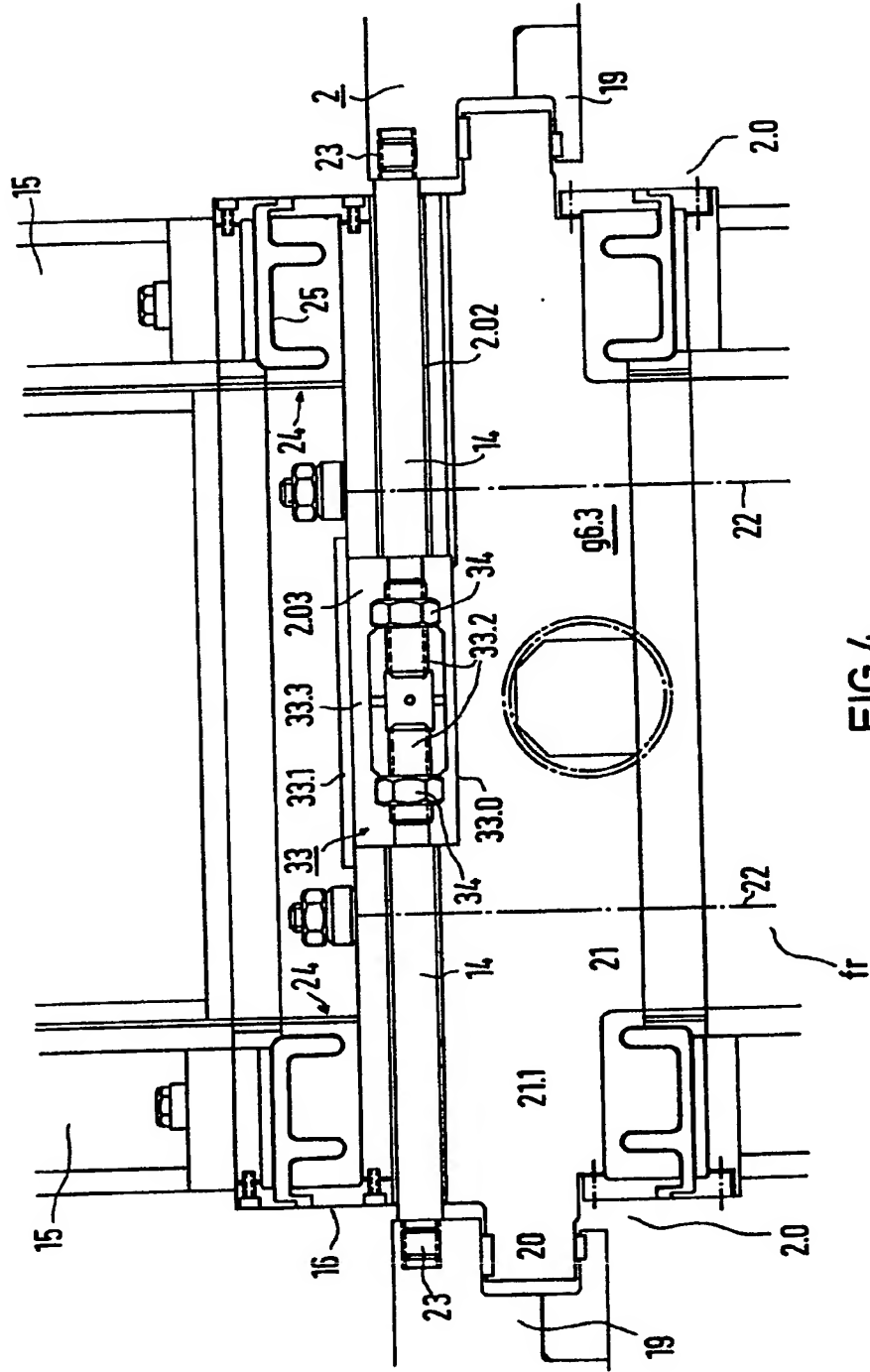


FIG 3

ORIGINAL INSPECTED

6/16

85 P 6065



ORIGINAL INSPECTED

1. The first group of students (Group A) was assigned to the traditional lecture method. They received a 45-minute lecture on the topic of "The Role of the Teacher in the Classroom."

2. The second group of students (Group B) was assigned to the interactive learning method. They participated in a 45-minute interactive session where they discussed and debated the same topic.

3. The third group of students (Group C) was assigned to the self-paced learning method. They were given a 45-minute self-paced module to complete on the same topic.

4. The fourth group of students (Group D) was assigned to the blended learning method. They participated in a 45-minute blended session that combined a lecture with an interactive activity.

5. The fifth group of students (Group E) was assigned to the flipped classroom method. They watched a 45-minute video lecture on the topic before class and then participated in a 45-minute interactive session.

6. The sixth group of students (Group F) was assigned to the project-based learning method. They were given a 45-minute project to complete on the topic.

7. The seventh group of students (Group G) was assigned to the inquiry-based learning method. They were given a 45-minute inquiry activity to complete on the topic.

8. The eighth group of students (Group H) was assigned to the problem-based learning method. They were given a 45-minute problem-solving activity to complete on the topic.

9. The ninth group of students (Group I) was assigned to the case study method. They were given a 45-minute case study to read and discuss on the topic.

10. The tenth group of students (Group J) was assigned to the role-playing method. They were given a 45-minute role-playing activity to complete on the topic.

85 P 6065



ORIGINAL INSPECTED

8/16

85 P 6065

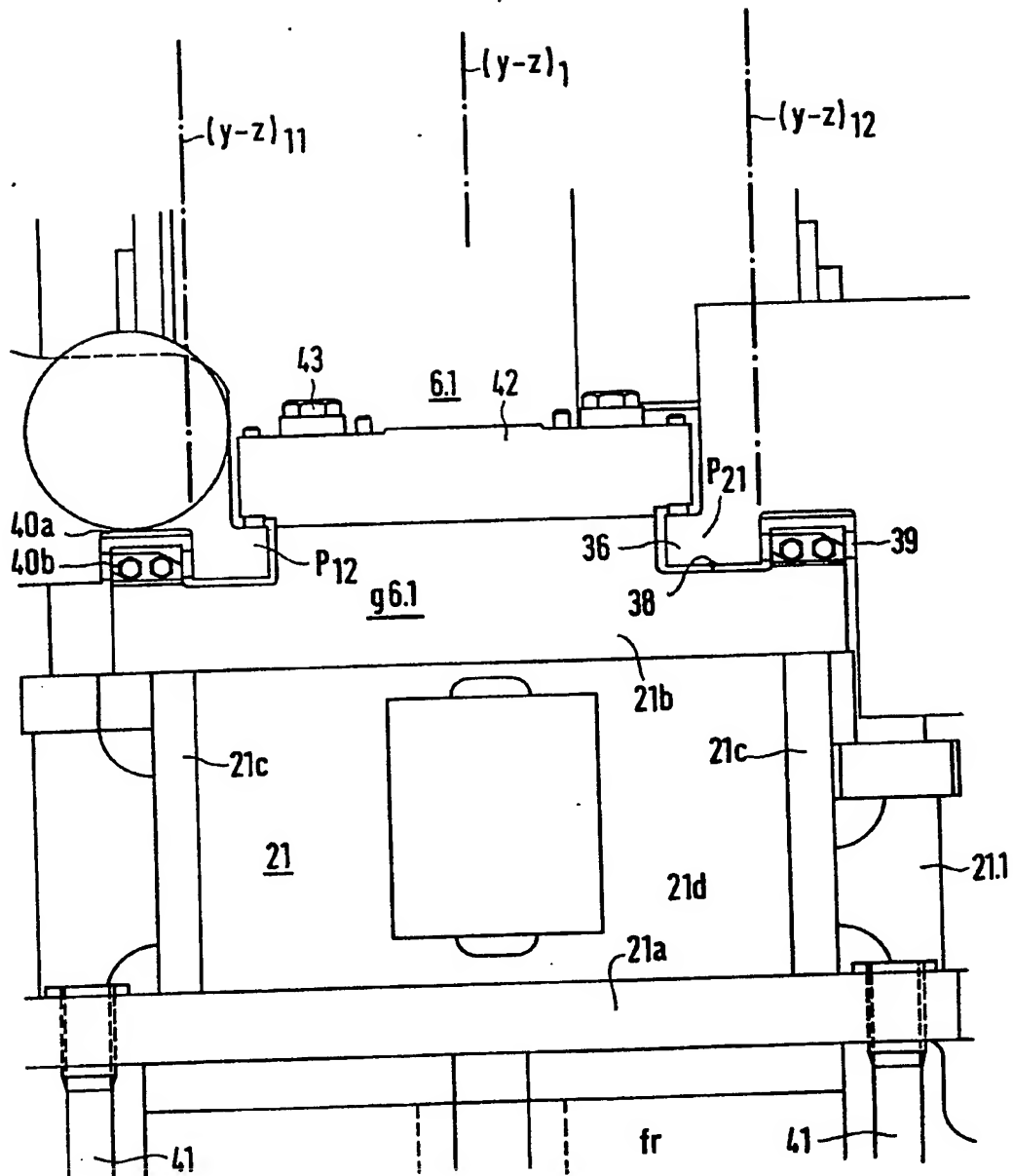


FIG 6

ORIGINAL INSPECTED

9/16

85 P 6065

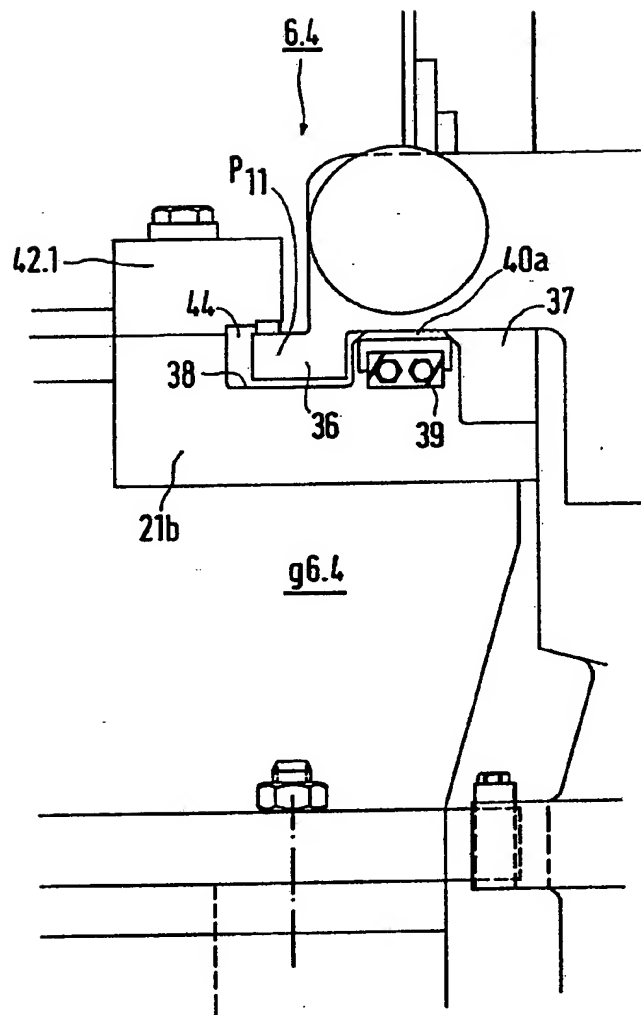
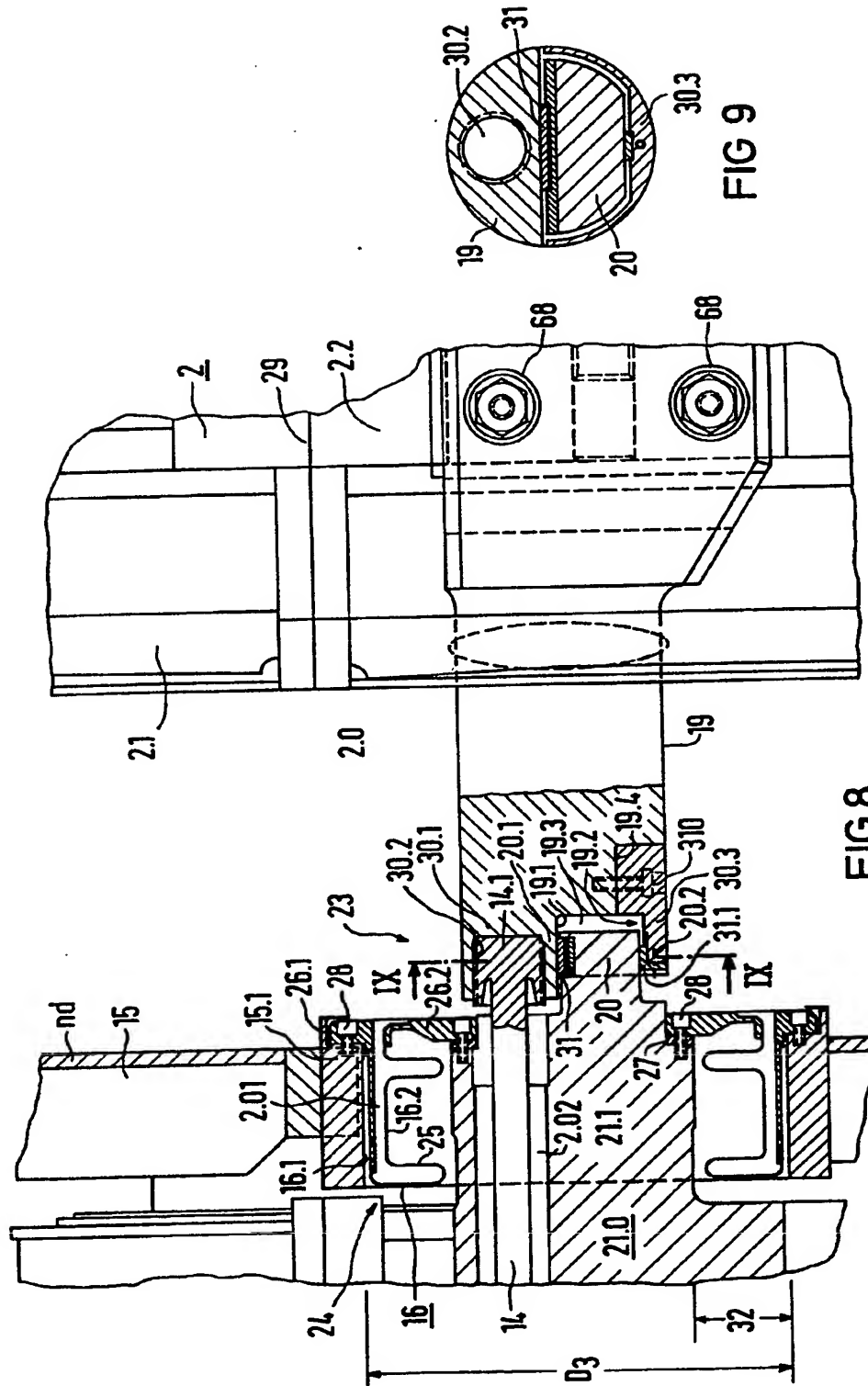


FIG 7

ORIGINAL INSPECTED

10/16

85 P 6065



ORIGINAL INSPECTED

11/16

85 P 6065

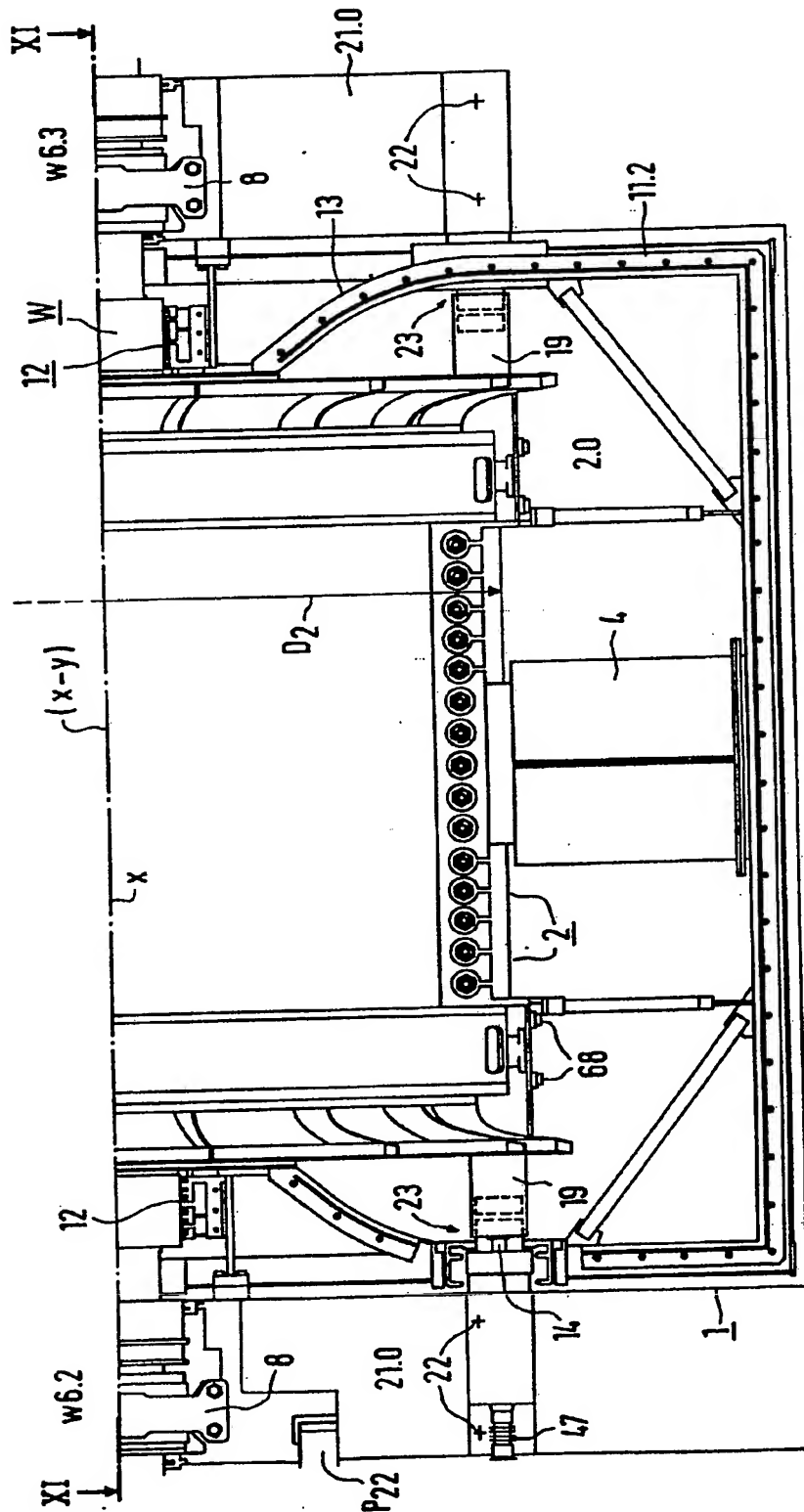


FIG 10



ORIGINAL INSPECTED



ORIGINAL INSPECTED

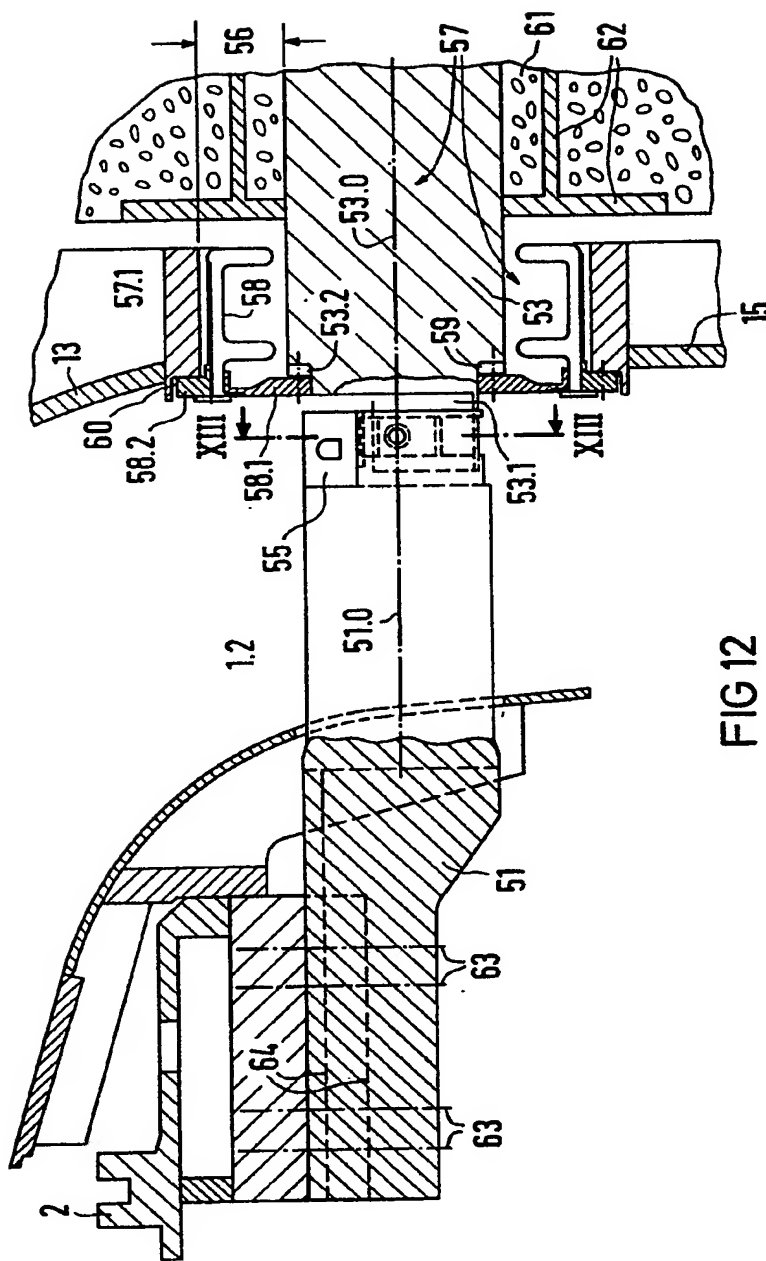


FIG 12

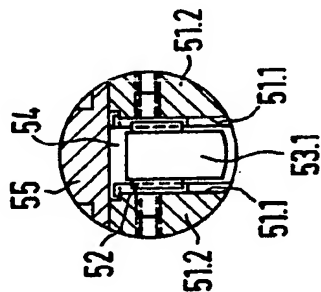


FIG 13

ORIGINAL INSPECTED

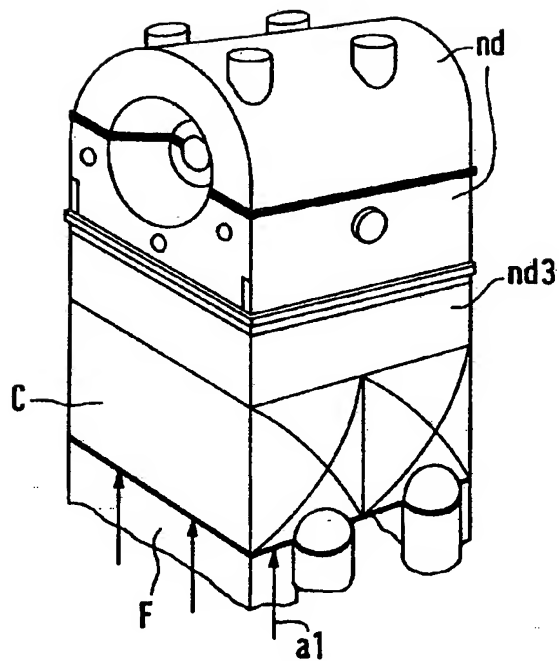


FIG 14



ORIGINAL INSPECTED